chipmaker.ru

СПРАВОЧНИК

молодого шлифовщика

Chipmaker.ru

chipmaker.ru

М. С. Наерман, Я. М. Наерман,
А. Э. Исаков

СПРАВОЧНИК молодого шлифовщика

Издание второе,
переработанное и дополненное

Chipmaker.ru

Москва «Высшая школа» 1991

chipmaker.ru

ББК 34.637
Н 17
УДК 621.923

Допущено Государственным комитетом СССР по народному образованию в качестве справочного пособия для профессионально-технических училищ

Рецензент — канд. техн. наук Т. А. Альперович

Наерман М. С. и др.
Н17 Справочник молодого шлифовщика/М. С. Наерман, Я. М. Наерман, А. Э. Исаков.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1991.— 207 с.: ил.

ISBN 5-06-001883-0

Изложены сведения по абразивному и алмазному инструменту, его конструкции, выбору характеристик; рассмотрены особенности устройства шлифовальных станков и их эксплуатации; даны рекомендации по выбору припусков, режимов шлифования и правки кругов.

Второе издание (1-е — в 1985 г.) дополнено сведениями об автоматизации шлифовальной обработки, экономии инструмента.

Справочник может быть использован при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Н $\frac{2704040000(4307000000)-276}{052(01)-91}$ 70—91

ББК 34.637
6П4.67

ISBN 5-06-001883-0

© М. С. Наерман, Я. М. Наерман, А. Э. Исаков, 1991

ПРЕДИСЛОВИЕ

Chipmaker.ru

Шлифование является одним из производительных методов обработки разнообразных поверхностей, особенно тел вращения, фасонных, например резьбовых, шлицевых, зубчатых и др. Наибольшее внимание в справочнике уделено круглому шлифованию, которое относится к наиболее универсальному виду обработки и обладает широкими технологическими возможностями. Навыки, полученные при работе на круглошлифовальных станках, позволяют шлифовщику быстро освоить и другие виды шлифования. Большое влияние на качество обработки и производительность процесса шлифования оказывает абразивный инструмент. Шлифовщик должен уметь выбирать его характеристику, готовить инструмент к работе и придавать ему необходимые профиль и режущие свойства.

Назначение справочника — оказание технической помощи молодому шлифовщику в решении практических задач, возникающих в процессе шлифования по выбору, подготовке, контролю и испытанию режущего инструмента, подготовке и наладке станка, приспособлений и измерительных средств, подбору режимов шлифования и смазочно-охлаждающих жидкостей, устранению возникающих дефектов обработки.

В главе 1 содержатся сведения об абразивном инструменте, его испытании и контроле, правке шлифовальных кругов; в главах 2...6 рассмотрены особенности обработки на станках шлифовальной группы; в главе 7 освещены вопросы качества обработанной поверхности, безопасности труда, экономии инструмента.

Авторы

chipmaker.ru

1. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИНСТРУМЕНТ

Chipmaker.ru

1.1. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА

Абразивный инструмент в отличие от металлического лезвийного не имеет сплошной режущей кромки, а состоит из огромного числа разобщенных режущих элементов (абразивных зерен), скрепленных между собой связкой. Поэтому работоспособность абразивного инструмента характеризуется не только материалом и размером режущего абразивного зерна, но также составом и количеством связки, структурой (расположением абразивных зерен и пор в инструменте). Все эти параметры, маркируемые на каждом абразивном инструменте, составляют его характеристику (рис. 1.1).

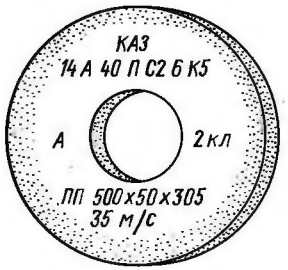


Рис. 1.1. Маркировка абразивного инструмента:

КАЗ — марка завода-изготовителя, 14А — вид шлифовального материала, 40 — номер зернистости, П — индекс зернистости, С2 — степень твердости, 6 — номер структуры, К5 — вид связки, А — класс точности инструмента, 2 — класс неуравновешенности, ПП — форма круга, 500 — наружный диаметр круга (мм), 50 — высота круга (мм), 305 — диаметр посадочного отверстия (мм), 35 м/с — допустимая окружная скорость

Абразивные материалы превосходят инструментальные стали по твердости, поэтому они обеспечивают возможность обработки металлов с высокими скоростями резания.

Абразивная способность и износостойкость абразивного материала зависят от его твердости, теплостойкости, хрупкости и дробимости зерна, а также от степени химического взаимодействия с обрабатываемым материалом. Некоторые физико-механические свойства абразивных материалов приведены в табл. 1.1, а характеристики и области применения — в табл. 1.2.

1.1. Физико-механические свойства абразивных материалов

Абразивный материал	Микротвердость на приборе ПМТ-3, 10^3 МПа	Абразивная способность шлифовального материала зернистостью № 16 при шлифовании стекла, усл. ед.	Теплостойкость, °С
Электрокорунд: нормальный	19...20	0,145	1250...1300

Продолжение табл. 1.1

Абразивный материал	Микротвердость на приборе ПМТ-3, 10^3 МПа	Абразивная способность шлифовального материала зернистостью № 16 при шлифовании стекла, усл. ед.	Теплостойкость, °С
белый	20...21	0,155	1700...1800
хромистый	20...22	0,101	
титанистый		0,112	1250...1300
циркониевый	23...24	—	1900...2000
Монокорунд		0,15	1700...1800
Сферокорунд	20...21	—	
Карбид кремния: зеленый	33...36	0,45	1300...1400
черный		0,4	
Карбид бора	40...45	0,5	700...800
Эльбор	80...100	0,6	1400...1500
Алмаз: синтетический	53...96	0,7	600...700
природный	86...100	0,77	700...800
Корунд	19...22	0,135	1700...1800
Наждак		0,105	
Гранат	13...16,5	0,103	1200...1250
Кремень	10...11	0,05	1500...1600

1.2. Характеристики и области применения абразивных материалов

Характеристика	Марка	Область применения
Электрокорунд нормальный		
Обладает высокой теплостойкостью, хорошей сцепляемостью со связкой, механической прочностью зерен и значительной вязкостью, необходимой для	13А	Изготовление инструмента на органических связках для обдирочного шлифования стальных заготовок. Отделочные работы незакрепленным зерном

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.2

Характеристика	Марка	Область применения
выполнения операций с переменными нагрузками	14А	Изготовление инструмента на органических и неорганических связках для шлифования стальных заготовок
	15А	Изготовление: инструмента на керамических и бакелитовых связках для скоростного шлифования; шлифовальной шкурки для отделочных работ
Электрокорунд белый		
По физическому и химическому составу более однороден, имеет более высокую твердость и острые кромки, обладает лучшей самозатачиваемостью и обеспечивает меньшую шероховатость обрабатываемой поверхности по сравнению с электрокорундом нормальным	23А	Изготовление: инструмента на органических связках для шлифования стальных заготовок; абразивных паст и брусков. Отделочные работы незакрепленным зерном.
	24А	Изготовление: шлифовальных кругов и брусков из шлифзерна и шлифпорошков на всех связках для чистовой обработки закаленных стальных деталей; шлифовальной шкурки для отделочных работ
	25А	Изготовление: шлифовальных кругов и брусков из шлифзерна, шлифпорошков и микрошлифпорошков для скоростного шлифования и доводки стальных закаленных деталей; инструмента для шлифования заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов; шлифовальной шкурки для отделочных работ
Электрокорунд циркониевый		
Мелкокристаллический, плотный и весьма прочный материал; стойкость инструмента на обдирочных операциях в 10...40 раз превышает стойкость аналогичного инструмента из электрокорунда нормального	38А	Изготовление инструмента на бакелитовых связках для обдирочного шлифования стальных заготовок с высокими скоростями и подачами
Электрокорунд хромотитанистый		
Обладает более высокими механической прочностью и абразивной способностью по сравнению с электрокорундом нормальным	91А, 92А	Изготовление инструмента для шлифования с большим съемом металла и обдирочного шлифования
	93А, 94А	Изготовление инструмента на керамических и бакелитовых связках для шлифования стальных закаленных и незакаленных заготовок

Продолжение табл. 1.2

Характеристика	Марка	Область применения
Монокорунд		
Имеет изометрическую форму зерна, высокую механическую прочность; в процессе шлифования скалывается и этим обеспечивает высокие режущие свойства и малую силу резания	43А	Изготовление инструмента из шлифзерна и шлифпорошка на керамических связках для чистовой обработки деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов
	44А, 45А	Изготовление шлифовальной шкурки для отделочных работ и доводки. Обработка незакрепленным зерном
Сферокорунд		
При шлифовании сферические зерна разрушаются и обнажают режущие кромки инструмента, обеспечивая производительную обработку при малом тепловыделении	3С	Изготовление инструмента для обработки мягких и вязких материалов — кожи, резины, пластмасс, цветных металлов и др.
Карбид кремния черный		
Отличается от электрокорунда повышенными твердостью, абразивной способностью и хрупкостью (зерна имеют вид тонких пластинок, вследствие чего увеличивается их хрупкость в процессе работы; кроме того, они хуже удерживаются связкой в инструменте); применяется для обработки твердых, хрупких и очень вязких материалов с низким сопротивлением разрыву	53С	Изготовление: инструмента из шлифпорошков и микрошлифпорошков на всех связках для обработки заготовок из чугунов, цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов; шлифовальной шкурки для отделочных работ и доводки. Отделочные работы и доводка деталей из чугунов и цветных металлов незакрепленными микрошлифпорошками. Отделочные работы и доводка незакрепленным зерном
	54С	Изготовление: инструмента из шлифзерна на всех связках для обработки заготовок из чугунов, цветных металлов и вольфрамовых твердых сплавов; шлифовальной шкурки для отделочных работ
Карбид кремния зеленый		
Отличается от карбида кремния черного повышенными твердостью, абразивной способностью и хрупкостью	62С	Изготовление: инструмента из шлифпорошков на всех связках для обработки заготовок из чугунов, меди, алюминия, гранита, мрамора; шлифовальной шкурки для отделочных и доводочных работ. Отделочные работы и доводка незакрепленным зерном
	63С	Изготовление: инструмента из шлифзерна на всех связках для обработки заготовок из титановых и титанотанталовых твердых спла-

Chipmaker.ru

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.2

Характеристика	Марка	Область применения
	64С	вов; шлифовальной шкурки для отделочных и доводочных работ Изготовление: инструмента из микрошлифпорошков на всех связках для обработки заготовок из чугунов, меди, алюминия, гранита, мрамора; шлифовальной шкурки для отделочных и доводочных работ. Отделочные работы и доводка незакрепленным зерном
Карбид бора		
Значительно превышает электрокорунд и карбид кремния по твердости и абразивной способности, хотя и очень хрупок	КБ	Шлифование, отделочные работы и доводка незакрепленным зерном деталей из твердых сплавов и чугунов
Эльбор (кубический нитрид бора)		
Имеет наивысшие после алмаза твердость и абразивную способность; обладает высокой теплостойкостью и повышенной хрупкостью; инертен к железу	ЛП, ЛО	Изготовление: инструмента из шлифпорошков и микрошлифпорошков на всех связках для чистовой обработки высокоточных деталей из труднообрабатываемых закаленных сталей; шлифовальной шкурки для отделочных работ; инструмента для чистовой заточки режущего инструмента. Отделочные работы незакрепленным зерном
Алмаз синтетический		
Превышает по твердости эльбор; обладает высокой износостойкостью и пониженной теплостойкостью; химически активен к железу; имеет повышенную хрупкость и пониженную прочность, что способствует самозатачиванию; синтетический алмаз каждой последующей марки (от АС2 до АС50) отличается от предыдущего более высокой прочностью и меньшей хрупкостью	АС2	Изготовление инструмента на органических связках для чистовой обработки и доводки деталей из твердых сплавов и сталей
	АС4	Изготовление инструмента на органических и керамических связках для шлифования заготовок из твердых сплавов, керамики и других хрупких материалов
	АС6	Изготовление инструмента на металлических связках, работающего при повышенных нагрузках
	АС15	Изготовление инструмента на металлических связках, работающего в тяжелых условиях (резка и обработка стекла, шлифование и полирование камня)
	АС32	Изготовление инструмента на металлических связках для бурения, резки камня, чернового хонингования
	АС50	Изготовление инструмента, работающего в особо тяжелых условиях (бурение пород IX и X категорий буримости, резка гранита, об-

Продолжение табл. 1.2

Характеристика	Марка	Область применения
		работка керамики, кварцевого стекла, корунда и др.)
Поликристаллические дробленые алмазы типа «баллас»	АРВ1	Изготовление инструмента для чернового хонингования чугунов, резки стеклопластиков
Поликристаллические дробленые алмазы типа «карбонадо»	АРК4	Изготовление инструмента, работающего в тяжелых условиях (хонингование, обработка камня и материалов в стройиндустрии)
Поликристаллические дробленые алмазы типа «спеки»	АРС3	Изготовление инструмента, работающего в особо тяжелых условиях (бурение, правка шлифовальных кругов, обработка камня и материалов в стройиндустрии)
Алмаз природный		
Обладает наивысшими твердостью и износостойкостью; используется главным образом на операциях, где необходимы исключительно высокая износостойкость и повышенная абразивная способность инструмента при обработке твердых и сверхтвердых материалов	А1, А2, А3	Изготовление инструмента на металлических связках для обработки технического стекла, керамики, камня, бетона
	А5	Изготовление шлифовальных кругов на металлических связках, в том числе гальваническим методом, для обработки металла, керамики и др.
	А5, А8	Изготовление правящего и бурового инструмента, а также инструмента для обработки камня и материалов в стройиндустрии
Корунд	92Е	Изготовление инструмента и микропорошков для полирования деталей из стекла и металлов
Кремень	81Кр	Изготовление шлифовальной шкурки для обработки древесины, кожи, эбонита
Наждак	—	Изготовление мельничных жерновов. Обработка незакрепленным зерном
Гранат	—	Изготовление шлифовальной шкурки для обработки древесины, кожи, пластмасс. Обработка стекла незакрепленным зерном

Измельченный на фракции абразивный материал называют *шлифовальным*. Фракция — это совокупность абразивных зерен в установленном интервале размеров. Преобладающую по массе, объему или числу зерен фракцию называют *основной*.

Зернистость характеризует размер режущих зерен основной фракции в данном инструменте. В зависимости от размера зерен шлифовальные материалы делятся на следующие группы: шлифзерно — от № 200 до № 16; шлифпорошки — от № 12 до № 4; микрошлифпорошки — от М63 до М14; тонкие микрошлифпорошки — от М10 до М5. Шлифзерно и шлифпорошки получают ситовым рассевом, микрошлифпорошки — осаждением в жидкости (гидроклас-

chipmaker.ru

сификация). Однородность зернового состава, существенно влияющая на шероховатость обрабатываемой поверхности, режущие свойства и стойкость инструмента, характеризуется процентным содержанием основной фракции. Поэтому условное обозначение зернистости дополняют буквенным индексом, соответствующим этому процентному содержанию: В — высокое; П — повышенное; Н — номинальное; Д — допустимое.

В зависимости от группы материалов зернистость обозначается следующим образом:

для шлифзерна и шлифпорошков — 0,1 размера (мкм) в свету стороны ячейки сита, на котором задерживаются зерна основной фракции, например 40, 25, 16 (соответственно 400, 250, 160 мкм);

для микрошлифпорошков — по верхнему пределу размера зерен основной фракции с добавлением индекса М, например М40, М28, М10 (соответственно 40, 28, 10 мкм);

для алмазных шлифпорошков — дробью, у которой числитель соответствует размеру (мкм) стороны ячейки верхнего сита, а знаменатель — размеру (мкм) стороны ячейки нижнего сита основной фракции, например 400/250, 400/315, 160/100, 160/125;

для алмазных микрошлифпорошков и субмикропорошков — дробью, у которой числитель соответствует наибольшему (мкм), а знаменатель — наименьшему размеру (мкм) зерен основной фракции, например 40/28, 28/20, 10/7;

для шлифзерна и шлифпорошков эльбора — в зависимости от метода контроля: при ситовом методе — 0,1 размера (мкм) в свету стороны ячейки сита, на котором задерживаются зерна основной фракции, например Л20, Л16, Л10; при микроскопическом методе — аналогично обозначению зернистости алмазных шлифзерна и шлифпорошков, например 250/200, 200/160, 125/100.

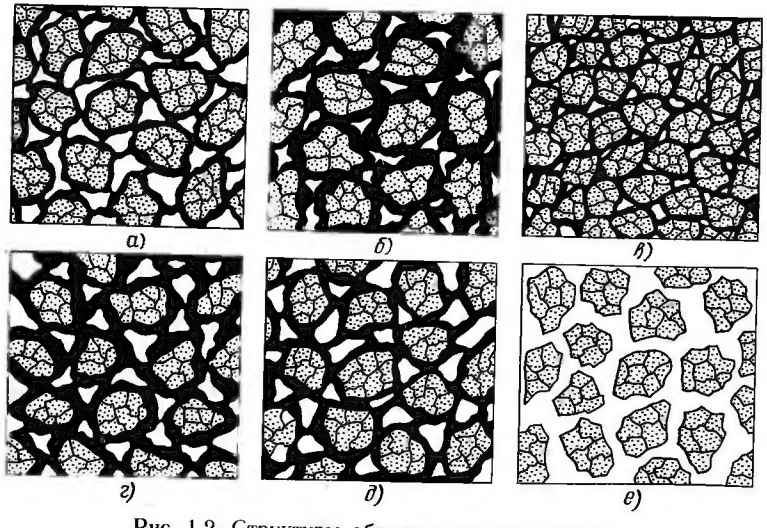


Рис. 1.2. Структуры абразивного инструмента:
а — мягкого круга, *б* — твердого круга, *в* — плотная, *г* — открытая, *д* — на керамической связке, *е* — на вулканитовой связке

Требования к зерновому составу шлифовальных материалов приведены в ГОСТ 3647—80, алмазных порошков — в ГОСТ 9206—80Е, эльбора в зерне — в ОСТ 2-МТ79-2—75.

В табл. 1.3 указаны зернистость, процентное содержание основной фракции, соответствующее каждому индексу, и области применения шлифовальных материалов в зависимости от зернистости.

Твердость характеризует прочность закрепления абразивных зерен в инструменте с помощью связки, поэтому она определяется количеством и свойствами связки, введенной в инструмент. С увеличением количества связки на 1,5% твердость инструмента повышается на одну степень. При этом объем связки увеличивается за счет соответствующего уменьшения объема пор. Расстояние между зернами остается неизменным. На рис. 1.2, *а*, *б* показаны структуры мягкого и твердого абразивного инструмента.

1.3. Зернистость шлифовальных материалов и область их применения в зависимости от зернистости

Зернистость (ГОСТ 3647—80)	Размер зерен основной фракции, мм	Минимальное процентное содержание основной фракции для зернистостей с индексом				Область применения
		В	П	Н	Д	
	Шлифзерно и шлифпорошки					
200	2500...2000	—	55	45	41	Изготовление инструмента для ручных обдирочных операций, зачистки отливок, поковок, сварных швов проката, правки шлифовальных кругов, обдирочного шлифования
160	2000...1600					
125	1600...1250					
100	1250...1000					Изготовление инструмента для плоского шлифования торцом круга, предварительной заточки инструмента, отрезных работ, предварительного шлифования назакаленных сталей и чугунов со снятием большого припуска, шлифования вязких материалов
80	1000...800					
63	800...630					
50	630...500					
40	500...400			54	41	Изготовление инструмента для предварительного и окончательного шлифования закаленных сталей и чугунов с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 2{,}5...0{,}63$ мкм, заточки режущего инструмента
32	400...315					
25	315...250			43	39	
20	250...200					Изготовление инструмента для чистового шлифования с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 2{,}5...$ $...0{,}32$ мкм, профильного шлифования, заточки мелкого режущего инструмента
16	200...160					
12	160...125			45	41	Изготовление инструмента для профильного шлифования с обеспечением шероховатости поверхности $Ra =$
10	125...100					

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.3

Зернистость (ГОСТ 3647—80)	Размер зерен основной фракции, мм	Минимальное процентное содержание основной фракции для зернистостей с индексом				Область применения
		В	П	Н	Д	
8	100...80	—	55	40	36	=0,63...0,16 мкм, чистовой заточки и доводки режущего инструмента, предварительного хонингования, шлифования резьб с крупным шагом
6	80...63					
5	63...50					Изготовление инструмента для шлифования хрупких материалов и резьб с мелким шагом, доводки и хонингования с обеспечением шероховатости поверхности $Ra=0{,}03...0{,}16$ мкм
4	50...40					
Микрошлифпорошки и тонкие микрошлифпорошки						
М63	63...50	60	50	45	42	Изготовление инструмента для суперфиниширования, окончательной доводки и хонингования с обеспечением шероховатости поверхности $Ra=0{,}16$ мкм и менее
М50	50...40					
М40	40...28					
М28	28...20					
М20	20...14			40	37	
М14	14...10					
М10	10...7	55	45			
М7	7...5					
М5	5...3					

Твердость оказывает влияние на режущие свойства и кромкостойкость инструмента, а также на характер его изнашивания в процессе резания. Если прочность закрепления зерен в инструменте ниже прочности самого абразивного зерна, то изнашивание происходит вследствие выкрашивания зерен и абразивный инструмент работает в режиме самозатачивания. Если же прочность абразивного зерна окажется ниже прочности его закрепления в инструменте, то изнашивание будет протекать частично за счет хрупкого разрушения, скалывания зерен и частично за счет их стирания с образованием площадок износа на зерне.

В табл. 1.4 приведена классификация твердости и указаны области применения абразивного инструмента в зависимости от его твердости.

Структура абразивного инструмента характеризуется соотношением объемов абразивных зерен, связки и пор. Система регулирования структур основана на сохранении равенства $V_з+V_с+V_п=100\%$, где $V_з$ — объем зерна,

1.4. Твердость абразивного инструмента и области его применения в зависимости от твердости

Степень твердости	Обозначение твердости	Область применения
Мягкий (М)	М1...М3	Шлифование с интенсивным самозатачиванием инструмента — плоское (торцом круга), внутреннее (закаленных сталей); заточка и доводка режущего инструмента, цветных металлов, труднообрабатываемых и вязких сплавов, высокотвердых закаленных сталей, имеющих склонность к прижогам и трещинам; зубошлифование; резьбошлифование; чистовое шлифование и суперфиниширование
Среднемягкий (СМ)	МС1, СМ2	
Средний (С)	С1, С2	Окончательное и чистовое шлифование (круглое, бесцентровое и внутреннее); плоское шлифование периферией круга; резьбошлифование; шлифование чугунов; обдирочное шлифование торцом круга
Среднетвердый (СТ)	СТ1...СТ3	Круглое и бесцентровое врезное шлифование; профильное шлифование; обработка разобщенных поверхностей; обдирочное шлифование чугунов
Твердый (Т)	Т1, Т2	Обдирочное шлифование; снятие заусенцев на поковках и литье; изготовление отрезных кругов и ведущих кругов для бесцентрового шлифования; хонингование закаленных сталей; врезное профильное шлифование с большим объемом металла
Весьма твердый (ВТ)	ВТ1, ВТ2	Обдирочное шлифование и зачистка в металлургии и кузнечно-литейном производстве; правка шлифовальных кругов; шлифование с большим давлением резания (например, шаров)
Чрезвычайно твердый (ЧТ)	ЧТ1, ЧТ2	

Примечание. В таблице дана шкала твердостей для инструмента на керамической и бакелитовой связках. Инструмент на вулканитовой связке выпускают твердостью С, СТ и Т.

$V_с$ — объем связки, $V_п$ — объем пор. Определяющим параметром структуры является объем $V_з$.

С увеличением на один номер структуры объем зерен уменьшается на 2%, расстояние между зернами и размер отдельных пор увеличиваются, однако для сохранения одинаковой твердости инструмента объем связки также увеличивается на 2%, при этом объем пор остается неизменным.

Различные соотношения объемов зерна и связки, при соблюдении которых в процессе производства получают абразивные инструменты различной твердости с тем или другим объемом пор, приведены в табл. 1.5.

Таким образом, абразивные инструменты, имеющие одинаковые зернистость и твердость, но разные структуры, различаются между собой по степени сближения абразивных зерен. Структуру, обозначенную № 1...4, принято называть закрытой (плотной), № 4...8 — средней, № 9...12 и выше (до 16) — открытой. Чем больше номер структуры, тем больше расстояние между зернами, т. е. структура более открытая.

Плотная и открытая структуры инструмента показаны на рис. 1.2, *в, г*. Инструменты открытой структуры имеют улучшенные условия отвода стружки и меньшее тепловыделение. Наиболее эффективно их применение при обработке вязких металлов, а также металлов, склонных к прижогам и трещинам. Ре-

chipmaker.ru

1.5. Структура абразивных инструментов

| Номер структуры | $V_з$, % | Твердость | | |

chipmaker.ru

на операциях плоского шлифования, где необходимо самозатачивание круга. Бакелитовая связка, имеющая невысокую теплостойкость, выгорает при нагревании до 250...300° С, а при 200° С и выше она приобретает хрупкость. Абразивный инструмент на бакелитовой связке чаще изготовляют из электрокорунда нормального и карбида кремния черного.

Основой *вулканитовой* связки является термически обработанная смесь каучука с серой, поэтому инструмент на такой связке, приобретающий свойство эластичности, используется при обработке фасонных поверхностей и профильном шлифовании. Круги на вулканитовой связке работают на скоростях до 60 м/с и могут быть изготовлены толщиной 0,3...0,5 мм для отрезных работ.

Вулканитовая связка по сравнению с керамической значительно хуже удерживает абразивные зерна, что компенсируется повышением ее количества за счет уменьшения пор (рис. 1.2, *д, е*). Вследствие этого инструмент на вулканитовой связке отличается плотной структурой, вызывающей увеличенное тепловыделение при шлифовании. Низкая теплостойкость каучука (150...180° С) приводит к размягчению и выгоранию связки при интенсивном резании. Абразивные зерна углубляются в эластичную связку и режут на меньшей глубине подобно более мелкозернистому инструменту, обеспечивая наименьшую шероховатость поверхности. Эти особенности вулканитовой связки эффективно используются при чистовой обработке фасонных поверхностей.

Наиболее часто употребляемые связки и области их применения указаны в табл. 1.6.

1.6. Связки абразивных кругов и области их применения

Связка	Марка	Область применения
Керамическая	К0	Изготовление малогабаритных кругов для внутреннего шлифования
	К1, К5, К8	Изготовление инструмента общего назначения для всех видов шлифования, кроме отрезных и прорезных работ
	К5, К7	Изготовление инструмента повышенных прочности и кромкостойкости для скоростного, профильного, врезного, прецизионного шлифования
	К2, К3	Изготовление инструмента из карбида кремния для всех видов шлифования и заточки
Бакелитовая	Б	Изготовление инструмента с повышенной режущей способностью для шлифования заготовок, имеющих склонность к прижогам, для зачистного и обдирочного шлифования, заточки и хонингования
	Б1	Изготовление инструмента общего назначения для плоского, внутреннего шлифования, заточки, разрезных работ
	Б2	Изготовление инструмента для шлифования торцом сегментных кругов
	Б3	Изготовление инструмента для резьбошлифовальных и отрезных работ, хонингования
	БУ	Изготовление инструмента повышенной прочности для скоростного шлифования, зачистки литья и поковок, отрезных работ
Вулканитовая	В, В1	Изготовление ведущих кругов, инструмента для бесцентрового шлифования, отрезных работ, обработки фасонных поверхностей, хонингования незакаленных сталей и чугунов, отделочного шлифования и полирования
	В2	Изготовление инструмента повышенной прочности для скоростного шлифования и абразивного резьбонарезания
	В3	Изготовление инструмента повышенной режущей способности для профильной обработки подшипников качения, чистового шлифования цилиндрических и некруглых поверхностей
Глифталевая	ГФ	Изготовление инструмента для доводочных и полировальных работ
Поливинилформалевая	ПФ	То же
Эпоксидная	—	Изготовление инструмента для доводочных работ, абразивных шеверов
Металлическая	М	Изготовление алмазного и эльборового инструмента

Вследствие расширяющихся экономических связей с зарубежными странами в СССР импортируется абразивный инструмент, имеющий маркировку, соответствующую стандарту страны-экспортера. Ниже для примера представлены данные по маркировке абразивного инструмента, соответствующие стандарту США ANSI B 74.13—1972.

Абразивный материал обозначают буквами: электрокорунд — A; эльбор — B; карбид кремния (SiC) — C; алмаз — D. Перед обозначением может стоять (но не обязательно) вводный символ изготовителя, указывающий конкретный вид абразивного материала.

Четыре степени зернистости обозначают цифрами: 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24 — грубая; 30, 36, 46, 54, 60 — средняя; 70, 80, 90, 100, 120, 150, 180 — тонкая; 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600 — очень тонкая.

Твердость характеризуется 26 степенями, обозначаемыми латинскими буквами: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K (мягкий инструмент); L, M, N, O, P, Q, R (инструмент средней твердости); S, T, U, V, W, X, Y, Z (твердый инструмент).

Структуру обозначают цифрами от 1 до 16. Чем большей цифрой обозначена структура, тем она более открытая (открытая структура может обозначаться цифрами и более 16).

Девять видов связок обозначают следующим образом: B — бакелитовая; BF — бакелитовая с усилением; E — шеллаковая; M — металлическая; O — магнезиальная; R — вулканитовая; RF — вулканитовая с усилением; S — силикатная; V — керамическая.

В качестве примера можно привести следующую маркировку шлифовального круга: 51A36L5V23 (последние цифры являются фирменным элементом маркировки, который может опускаться).

Сравнительная характеристика абразивного инструмента, выпускаемого в США и СССР, приведена в приложении.

chipmaker.ru

1.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Основными видами абразивного инструмента являются шлифовальные круги, головки, бруски, сегменты, шкурки и др. Каждый из них имеет свою особенность, связанную с конструкциями станка и крепежного приспособления, с выполняемой операцией, конфигурацией и размерами заготовки. Внутри каждого вида инструмента также различаются: шлифовальные круги и головки – наружным диаметром, высотой и диаметром отверстия (шлифовальные круги — еще диаметром и глубиной выточек); бруски и сегменты – длиной и шириной.

Точность размеров и геометрической формы абразивного инструмента характеризуется тремя классами — АА, А и Б. Для менее ответственных операций абразивной обработки применяют инструмент класса Б. Более точным и качественным является инструмент класса А. Для работы в автоматических линиях, на высокопрецизионных и многокруговых станках применяют прецизионный инструмент класса АА, отличающийся наиболее высокой точностью геометрических параметров, однородностью зернового состава, уравновешенностью абразивной массы и изготовляющийся из лучших сортов шлифовальных материалов.

Шлифовальные круги. Основные типы шлифовальных кругов и области их применения указаны в табл. 1.7, а основные параметры, соответствующие классам точности этого инструмента, – в табл. 1.8.

1.7. Абразивные инструменты и области их применения

Название инструмента	Форма	Обозначение	Область применения
Круги шлифовальные (ГОСТ 2424—83): прямого профиля		ПП	Шлифование круглое наружное, внутреннее, плоское периферией круга, обдирочное; зачистные работы
с двусторонним коническим профилем		2П	Шлифование резьбы, зубьев зубчатых колес, профиля шеверов и долбяков, зуборезного инструмента
с коническим профилем		3П	Заточка пил
с выточкой		ПВ	Круглое внутреннее шлифование; шлифование шейки и торца
с двусторонней выточкой		ПВД	Круглое и плоское шлифование; бесцентровое шлифование (ведущие круги)
с конической выточкой		ПВК	Круглое шлифование шейки и торца

Продолжение табл. 1.7

Название инструмента	Форма	Обозначение	Область применения
с двусторонней конической выточкой		ПВДК	Круглое наружное шлифование с одновременной подрезкой торца
кольцевые		К	Плоское шлифование торцом круга
чашечные цилиндрические		ЧЦ	Заточка режущего инструмента; плоское шлифование торцом круга
чашечные конические		ЧК	Заточка режущего инструмента; плоское шлифование торцом круга; шлифование направляющих станин станков
тарельчатые		Т	Заточка и доводка многолезвийного режущего инструмента; шлифование зубьев шестерен и зуборезного инструмента
Круги отрезные (ГОСТ 21963—82)		—	Отрезные работы; прорезка канавок
Головки шлифовальные (ГОСТ 2447 –82): цилиндрические		AW	Обработка фасонных поверхностей штампов пресс-форм; зачистка отливок, сварных конструкций; внутреннее шлифование
угловые		ДW	Обработка фасонных поверхностей штампов пресс-форм; зачистка отливок, сварных конструкций
конические		EW	То же и зачистка центров
сводчатые		F-1W	Обработка фасонных поверхностей штампов пресс-форм; зачистка отливок, сварных конструкций
конические с закругленной вершиной		KW	

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.7

Название инструмента	Форма	Обозначение	Область применения
шаровые		F-2W	Обработка фасонных поверхностей штампов пресс-форм; зачистка отливок, сварных конструкций
шаровые с цилиндрической боковой поверхностью		FW	
Сегменты шлифовальные (ГОСТ 2464—82): прямоугольные		СП	Плоское шлифование торцом круга; заточка ножей; изготовление наборных кругов в зависимости от типа станка и конструкции сегментной головки или оправки
выпукло-вогнутые		1С	
вогнуто-выпуклые		2С	
выпукло-плоские		3С	
плосковыпуклые		4С	
трапециевидные		5С	
		6С	
специальные		7С	Плоское торцовое шлифование камня, гранита, керамики
		8С	
		9С	Шлифование рельсов

Продолжение табл. 1.7

Название инструмента	Форма	Обозначение	Область применения
Бруски шлифовальные (ГОСТ 2456—82): квадратные		БКв	Хонингование и суперфиниширование; зачистные работы
прямоугольные		БП	
треугольные		БТ	Зачистные и слесарные доводочные работы
круглые		БКр	
полукруглые		БПкр	

1.8. Основные параметры, соответствующие классам точности шлифовальных кругов

Параметры	Классы точности		
	АА	А	Б
Предельные отклонения, мм: на наружный диаметр 6...800 мм	±0,3...±3	0,3...±5	±0,5...±8
на высоту 3...100 мм	±0,1...±0,3	±0,2...±1,5	±0,3...±3
на диаметр посадочного отверстия 10...260 мм	±0,1...0,3	0,1...0,4	0,2...0,7
Допуск, мм: параллельности и плоскостности	0,1...0,2	0,15...0,4	0,25...0,5
круглости наружной поверхности	0,1...0,2	0,3...1,2	0,6...2
профиля продольного сечения наружной поверхности	0,2...0,5	0,3...1	0,5...2
Смещение оси отверстия от номинального расположения, мм	0,1...0,25	0,15...0,4	0,2...0,5
Дефекты: трещины и раковины	Не допускаются		
повреждение кромок	Не допускаются	Не допускаются размерами более 5 мм	
инородные включения в количестве более четырех на участке 100 см^2	Не допускаются размерами более, мм		
	0,5	1	2

chipmaker.ru

1.9. Допустимые значения неуравновешенной массы и дисбаланса шлифовальных кругов на керамической и бакелитовой связках

Диаметр шлифовального круга, мм	Класс неуравновешенности	Допустимая неуравновешенная масса M, г/дисбаланс $Б$, г/мм, при высоте круга, мм						
		10...16	16...25	25...40	40...63	63...100	100...160	160...250
	1	3,2...6	6...10	10...16	16...25	25...40	40...60	63...100
	2	—	2...3,2	3,2...6	6...10	10...16	16...25	25...40
160...250	3	5/400	6/480	8/640	10/800	12/960	16/1280	20/1600
250...320		8/1000	10/1250	12/1500	16/2000	20/2500	25/3125	30/3750
320...400		10/1800	12/1920	16/2540	20/3200	25/4000	30/5400	40/7000
400...630		12/2400	16/3200	20/4000.	25/5000	30/6000	40/8000	50/10 000
630...800		20/6300	25/7875	30/9450	40/12 600	50/15750	60/18900	80/25200
800...1250		25/10000	30/12000	40/16000	50/20000	60/24000	80/32000	100/40000

Примечание. Принцип пользования таблицей для определения допустимых неуравновешенной массы и дисбаланса шлифовального круга можно пояснить на нижеследующем примере.

Исходные данные: имеется круг ∅ 300 мм и высотой 50 мм; класс неуравновешенности — 1-й. Диаметр круга (300 мм) находится в интервале 250...320 мм, а высота — в интервале 40...63 мм (для 1-го класса неуравновешенности — 4-й столбец). На пересечении горизонтальной строки, соответствующей интервалу 250...320 мм, и вертикального 4-го столбца находятся искомые данные: допустимая неуравновешенная масса M=16 г; дисбаланс $Б$=2000 г/мм.

Неуравновешенность массы шлифовального круга характеризуется классом неуравновешенности. Установлено четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов (ГОСТ 3060—86): 1 (самый точный); 2; 3; 4 (самый грубый). Для обработки заготовок точных деталей, а также в условиях массового производства применяют круги 1-го и 2-го классов точности (ГОСТ 2424—88): ПВ (повышенного) и ПЦЗ (прецизионного). Круги класса точности ПЦЗ (АА) соответствуют 1-му классу неуравновешенности, ПВ (А) — 1-му или 2-му. Во вспомогательных производствах применяют круги класса точности Б, что соответствует 2-му или 3-му классу неуравновешенности.

Различают неуравновешенность статическую и динамическую (последняя может особенно проявляться при шлифовании кругами, имеющими большую высоту). Причинами неуравновешенности кругов являются их неравномерная плотность, погрешности формы и монтажа. Неравномерность плотности возникает не только в процессе изготовления круга, но и при неправильных хранении (контакт с жидкостью, маслом и др.) и эксплуатации (одностороннее смачивание круга СОЖ, биение наружной поверхности круга относительно его оси и др.). Допустимые значения неуравновешенной массы и дисбаланса определяются в зависимости от диаметра круга и его высоты (табл. 1.9).

Рабочая окружная скорость круга ограничивается его прочностью. Допустимые рабочие скорости для шлифовальных кругов на керамической, бакелитовой и вулканитовой связках с учетом геометрических форм инструмента приведены в табл. 1.10.

1.10. Допустимые рабочие окружные скорости шлифовального круга (ГОСТ 2424—83)

Тип круга	Рабочая окружная скорость, м/с
ПП	30; 35; 40; 50; 60; 80
2П	30; 35; 40; 50; 60
ПН, К	25; 30; 35
ЧЦ, ЧК, Т, 1Т	20; 25; 30
Прочие	15; 25; 30; 35; 50

Шлифовальные головки. Основные типы головок и области их применения указаны в табл. 1.7. Изготовляют шлифовальные головки из белого электрокорунда зернистостью 40...6 и зеленого карбида кремния зернистостью 40...16.

Головки диаметром более 16 мм изготовляют с оправками и без них трех классов точности — АА, А и Б. Предельные отклонения размеров головок приведены в табл. 1.11. Головки выпускают для шлифования с рабочей окружной скоростью 25; 35 и 50 м/с.

1.11. Предельные отклонения (мм) размеров головок по диаметру и высоте (ГОСТ 2447—82)

Параметр	Класс точности	
	А	Б
Наружный диаметр D или высл H, мм:		
до 6	±0,2	±0,4
6...18	±0,3	±0,5
18...30	±0,4	±0,6
30...50	±0,5	±0,8
свыше 50	±0,6	±1

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.11

Параметр	Класс точности	
	А	Б
Диаметр d посадочного отверстия, мм:		
до 6	+0,2	+0,3
свыше 6	+0,3	+0,4
Радиальное биение головок диаметром D с оправками, мм:		
$D \leqslant 20$ мм	0,1...0,2	0,4
$D > 20$ мм	0,2....0,3	0,4
Смещение оси отверстия головок без оправок относительно номинального расположения, не более, мм	0,1...0,2	0,3

Шлифовальные сегменты. Основные типы сегментов и области их применения указаны в табл. 1.7. Сегменты изготовляют из нормального электрокорунда и черного карбида кремния двух классов точности — А, Б и наиболее часто — зернистостью 100...16.

Предельные отклонения размеров сегментов приведены в табл. 1.12. Допуск параллельности, вогнутость или выпуклость плоских поверхностей либо образующей цилиндрических поверхностей сегментов не должны превышать 1 мм, предельные отклонения угловых размеров должны составлять +2°.

1.12. Предельные отклонения (мм) размеров сегментов

Номинальные размеры, мм	Класс точности	
	А	Б
До 18	±0,5	±0,7
18...30		±1
30...50	±0,7	±1,2
50...80	±1	±1,7
80...120		
120...180	±1,2	±2
Свыше 180	±1,5	±2,3

Шлифовальные бруски. Основные типы и области применения брусков указаны в табл. 1.7. Бруски изготовляют классов точности А и Б из шлифовальных материалов различной зернистости (табл. 1.13).

1.13. Абразивный материал, применяющийся для изготовления брусков

Абразивный материал	Марка	Зернистость
Белый электрокорунд	25А	25...М5
	24А, 23А	25...М7
Зеленый карбид кремния	64С, 63С	16...М7

Предельные отклонения геометрической формы брусков (допуск параллельности, вогнутость или выпуклость плоских поверхностей либо образующей цилиндрических поверхностей) приведены в табл. 1.14.

1.14. Предельные отклонения (мм) геометрической формы брусков

Длина бруска, мм	Типы брусков	
	БКв, БП	БКр, БПкр, БТ
До 50	0,2	—
50...100	0,3	0,5
100...180	0,4	1
Свыше 180	0,5	

Шлифовальная шкурка. Абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным одним или двумя слоями шлифовального материала, закрепленного связкой, называют шлифовальной шкуркой. Изготовляют ее на тканевой либо бумажной основе, применяют в виде листов, лент, дисков, кругов и др. Шкурка предназначена для абразивной обработки различных материалов без охлаждения или с применением СОЖ.

В зависимости от свойств связки и основы различают водостойкую, неводостойкую и другие виды шкурок. В зависимости от числа слоев шлифовального материала на одной из сторон гибкой основы шкурка бывает одно- или двухслойной и обозначается соответственно буквой О или Д. Если рабочие слои шлифовального материала расположены на обеих сторонах гибкой основы, то шкурка называется двусторонней.

Выпускают шкурку двух типов (ГОСТ 13344—79): 1 — для машинной и ручной обработки древесины, пластмасс, лаковых покрытий и сплавов низкой твердости; 2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочновязких металлов и сплавов.

Пример условного обозначения водостойкой тканевой двухслойной шлифовальной шкурки типа 2 шириной 820 мм, длиной 20 м на тканевой основе из гладкоокрашенной утяжеленной саржи № 1, из зеленого карбида кремния марки 63С зернистостями 40-Н и 25-П, на фенолоформальдегидной смоле класса А: Д2 820×20 У1Г 63С 40-Н/25-П СФЖ А ГОСТ 13344—79.

Шлифовальную шкурку в виде полосы прямоугольной формы, длина которой в продольном направлении основы составляет не более 1000 мм, называют шлифовальным листом. Шлифовальную шкурку замкнутого контура называют бесконечной шлифовальной лентой, а несклеенные шлифовальные ленты — лентами-бобинами.

Шлифовальную шкурку круглой формы называют шлифовальным диском. Диски могут иметь радиальные прорези заданной глубины. В качестве материала для основы дисков используют ткань, бумагу, фибру и др.

Шлифовальная шкурка цилиндрической формы называется шлифовальной трубкой, конической формы — шлифовальным конусом (ГОСТ 22774—77).

chipmaker.ru

Шлифовальную шкурку изготовляют из электрокорунда (нормального, белого и хромистого), монокорунда, карбида кремния (черного и зеленого) и др.

Области применения шкурок, выполненных из некоторых шлифовальных материалов, следующие:

электрокорунд нормальный — обработка углеродистых и легированных сталей, ковкого чугуна, древесины;

электрокорунд белый — обработка жаропрочных и легированных сталей;

карбид кремния — обработка чугуна, бронзы, алюминия, пластмассы, мрамора, гранита, стекла, древесины;

кремний — обработка древесины, фанеры, кожи;

стекло — обработка древесины, фанеры, фетра, войлока;

гранат — обработка древесины деревьев твердых лиственных пород (самшита, дуба, бука и др.);

эльбор — полирование прецизионных и стальных труднообрабатываемых деталей, а также деталей из конструкционных сталей в условиях массового производства, где требуется высокая стойкость инструмента;

алмаз — полирование и чистовое хонингование прецизионных деталей из твердых сплавов и чугуна.

Шкурки, изготовляемые на мездровом клее, растворяются в воде и водных растворах, поэтому пригодны для обработки без охлаждения или с охлаждением маслом, керосином и уайт-спиритом.

Водостойкие шкурки, для изготовления которых используют синтетические смолы и лаки, применяют при обработке с охлаждением водными растворами, эмульсиями, маслом, керосином и уайт-спиритом, а также без охлаждения.

Области применения водостойких шкурок и шкурок на мездровом клее весьма разнообразны:

водостойкая на бумажной основе — шлифование и доводка с использованием СОЖ; зачистка грунтованных поверхностей (кузова автомобилей, холодильники, радиоприемники, швейные машины и др.); тонкие доводочные работы;

водостойкая на тканевой основе — ленточное (машинное, ручное) шлифование с охлаждением водой, маслом, керосином или уайт-спиритом, а также без охлаждения; обработка титановых и жаропрочных сплавов, экранов кинескопов (применяется двухслойная шкурка);

на мездровом клее и бумажной основе — ленточное (машинное) шлифование без охлаждения и с охлаждением маслом, керосином или уайт-спиритом;

на мездровом клее и тканевой основе — шлифование и полирование стали, чугуна, алюминия, бронзы, древесины мрамора, кожи, фанеры, стекла на ленточных, дисковых и валковых станках, а также вручную.

Для шкурок разной зернистости рекомендуются следующие области применения:

80...40 — удаление заусенцев, ржавчины, старых слоев краски, клея, лака; предварительное шлифование грунтов, шпатлевок; обработка древесины;

25...10 — полирование цилиндрических, плоских и фасонных поверхностей прецизионных деталей (автомобильных, подшипниковых и др.), кузнечно-прессового инструмента; отделочная обработка древесины деревьев различных пород, кожи и др.;

8...М4 — отделочные работы в машиностроении; изготовление микрошлифов; полирование коррозионно-стойких сталей.

При выборе зернистости шлифовальной шкурки необходимо учитывать скорость шлифования.

Шкурки на мездровом клее выпускают трех классов (А, Б и В), водостойкие — двух (А и Б). Показатель износостойкости и режущая способность шлифовальных шкурок приведены в ГОСТ 5009—82, 6456—82. Для обработки фасонных поверхностей используют эластичные шкурки, применение которых наиболее эффективно в подшипниковой промышленности.

Все большее распространение получают лепестковые шлифовальные круги из радиально расположенных и закрепленных одной стороной шлифовальных листов заданной формы. В соответствии с ГОСТ 22775—77 эти круги изготовляют двух типов: КЛ — без оправки и КЛО — с оправкой. Круги типа КЛ имеют наружный диаметр 120...500 мм, высоту 25...140 мм, внутренний диаметр отверстия 32; 40 или 44,5 мм. Круги типа КЛО выпукают с наружным диаметром 40...140 мм, высотой 10...40 мм и оправкой ∅ 6...8 мм длиной 40 мм.

Пример условного обозначения лепесткового шлифовального круга типа КЛО с наружным диаметром D=80 мм, высотой H=20 мм, диаметром оправки d=6 мм из нормального электрокорунда марки 15А зернистостью 5, из шлифовальной шкурки класса А (ГОСТ 5009—82) на сарже средней № 2 гладкоокрашенной класса А: КЛО 80×20×6 15 А 5 А2 С2Г А ГОСТ 22775—77.

Различают три типа лепестковых шлифовальных кругов, изготовляемых в соответствии с ОСТ 37.002.0605—80...37.002.0611—80: плоские прямого профиля (ПП); с коническим профилем (ЗП); чашечные цилиндрические (ЧЦ). Круги типа ПП, имеющие три модификации, изготовляют с широким диапазоном размеров: наружный диаметр — 40...900 мм; внутренний диаметр посадочного отверстия — 13...305 мм; высота — 8...125 мм. Наружный диаметр кругов типа ЗП составляет 750 мм, внутренний диаметр посадочного отверстия — 305 мм, высота — 25...50 мм. Круги типа ЧЦ имеют наружный диаметр 100...500 мм, внутренний диаметр посадочного отверстия — 20...260 мм и высоту — 40...135 мм.

Шлифовальные диски на фибровой основе являются гибким абразивным инструментом, где абразивное зерно непосредственно наклеивается на одну из сторон основы. Фибровые диски работают на станках с гибким валом. При закреплении на конце гибкого вала диск поджимается к специальной эластичной подушке.

Гибкость, эластичность и небольшая толщина фибровых шлифовальных дисков позволяют широко применять их для шлифования и зачистки сложных криволинейных поверхностей, труднодоступных мест (закруглений, изгибов, узких пазов), зачистки поверхностей после штамповки, сварки, пайки, при изготовлении штампов, зачистки точного литья.

Наиболее широко используют фибровые диски в автомобильной, судостроительной, авиационной промышленности при обработке мест сварки и пайки, подвергающихся последующей окраске (автомобильные кузова, кабины, гребные и авиационные винты и др.). Фибровые диски применяют также в строительной технике для шлифования паркета, гранита, мрамора.

Абразивные пасты состоят из шлифовальных материалов, связки и поверхностно-активных веществ. Наибольшее применение в пастах имеют электрокорунд, наждак, карбиды кремния и бора, алмаз, эльбор.

chipmaker.ru

В зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности шлифовальные материалы в пастах должны иметь различную зернистость (см. ниже)

Шероховатость поверхности *Ra*, мкм ...	0,32...0,08	0,16...0,04	0,04...0,01	0,01...0,008
Зернистость шлифовального материала.....	5...3	М40...М14	М10...М5	М3...0,3

В химико-механических пастах роль шлифовальных материалов выполняют оксиды железа, хрома, алюминия, венская известь, маршаллит. Эти пасты применяют для прецизионной доводки и декоративного полирования после нанесения покрытий.

Ассортимент паст очень велик и в основном не стандартизован, так как их состав отрабатывается с учетом конкретных технологических условий.

1.3. КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Визуальный осмотр инструмента осуществляется с целью выявления трещин, раковин, сколов. Перед осмотром инструмент должен быть очищен от упаковочного материала и загрязнений. Влажные инструменты перед осмотром должны быть просушены.

Наличие трещин выявляется простукиванием. Для простукивания шлифовальные круги массой до 30 кг свободно надевают на металлический или деревянный стержень, круги массой более 30 кг на стержень не подвешивают. Шлифовальные круги, не имеющие трещин или других дефектов, при простукивании издают чистый звук, а круги с трещинами — дребезжащий.

Контроль геометрических размеров. Наружный диаметр, высоту и внутренний диаметр (диаметр посадочного отверстия) шлифовального круга проверяют с помощью универсальных измерительных инструментов или специальных калибров, шаблонов.

Контроль на взаимную параллельность поверхностей шлифовального круга выполняют по его высоте в четырех диаметрально противоположных точках и вычисляют разность наибольшего и наименьшего значений высоты. Параллельность выточек проверяют глубиномером или другим универсальным измерительным средством.

Эксцентриситет шлифовального круга равен полуразности измерений (штангенциркулем или масштабной линейкой) ширины кольцевой части круга в двух диаметрально противоположных направлениях.

Контроль твердости. Твердость инструмента из электрокорунда и карбида кремния на керамической и бакелитовой связках зернистостью 50 и менее определяют, измеряя глубину лунки, образующейся на поверхности инструмента под воздействием струи кварцевого песка, выбрасываемой сжатым воздухом из сопла пескоструйного прибора. Глубину лунки измеряют имеющимся на приборе индикатором и по таблицам, приведенным в ГОСТ 18118—79, определяют степень твердости инструмента.

Испытание на твердость с помощью пескоструйного прибора производят при давлении воздуха в камере, равном 0,05 или 0,15 МПа в зависимости от зернистости и предполагаемой твердости абразивного инструмента. Применяемый кварцевый песок должен быть воздушно-сухим и содержать следующие компоненты: песок SiO_2 – не менее 98%; глина – не более 1%; примеси — не более 0,3%. Зерновой состав остается на сите № 08 (по ГОСТ 3584—72 – не более 8%), проходит через сито № 05 не более 5% песка. Объем рабочей порции песка определяется объемом камеры прибора ($V=28\pm1$ см^3), а масса этой порции составляет $43\pm1{,}53$ г.

Перед определением твердости прибор должен быть проверен на листовом зеркальном стекле толщиной не менее 6 мм (ГОСТ 7132—78), при этом должна получиться лунка глубиной $h=2{,}15\pm0{,}05$ мм при давлении воздуха в камере прибора 0,15 МПа и глубиной $h=0{,}5\pm0{,}05$ мм — при соответствующем давлении 0,05 МПа.

Твердость шлифовальных брусков всех форм и размеров, а также кругов высотой не более 8 мм на керамической и бакелитовой связках зернистостью 12 и менее определяют на приборе Роквелла (ГОСТ 19202—80), измеряя глубину лунки, образующейся при вдавливании в тело инструмента стального шарика. Шарик, укрепленный в шпинделе прибора, вдавливается в поверхность абразивного инструмента под действием постоянной нагрузки, создаваемой грузом через рычажную систему. При испытании используют стальные шарики ∅ 5 или 10 мм. Вследствие изнашивания рабочей поверхности шарик после 60...100 испытаний поворачивают в оправке, а после изнашивания всей поверхности заменяют.

Для измерения твердости к инструменту сначала прикладывают предварительную нагрузку, равную 98 Н, при этом испытуемый инструмент перемещается только в одном направлении, сближаясь с наконечником прибора. Затем прикладывают основную нагрузку, которая должна плавно возрастать до 981 или 1471 Н и сниматься через 4...7 с после резкого замедления движения стрелки индикатора.

Инструмент зернистостью 12...8 и предполагаемой твердостью М1...М3 испытывают с нагрузкой 1471 Н, применяя шарик ∅ 10 мм. Испытание прочего инструмента осуществляют с нагрузкой 981 Н, используя шарик ∅ 5 мм. Поверхность испытуемого инструмента должна быть чисто обработанной, без царапин, с низкой шероховатостью. Правильность показаний прибора определяют алмазным наконечником на эталонных металлических плитках.

Результаты измерений отсчитывают по шкале *B* индикатора при продолжающемся действии предварительной нагрузки. За величину, соответствующую твердости инструмента в данной точке, принимают результат отдельного измерения. Используя показания, полученные на приборе Роквелла, с помощью таблицы (ГОСТ 19202—80) определяют соответствующую степень твердости.

Твердость инструмента на вулканитовой связке зернистостью 12...М14 определяют, измеряя глубину лунки, образующейся при вдавливании в тело инструмента твердосплавного конуса под действием постоянной нагрузки (ГОСТ 21323—75). В зависимости от формы и размеров инструмента испытание проводят в трех или четырех точках, степень твердости определяют по среднеарифметическому значению измерений. Рабочим наконечником служит конус с углом при вершине, равным $60\pm1°$. Вершину конуса изготовляют из твердого сплава ВК6. Вдавливание твердосплавного конуса в поверхность испытуемого абразивного инструмента производят под действием двух последовательно прикладываемых нагрузок: предварительной, равной 100 Н, и окончательной — 600 Н. Продолжительность действия окончательной нагрузки составляет 4...5 с. Показания

chipmaker.ru

отсчитывают по индикатору прибора. Конусный наконечник после 400...500 испытаний следует заменять вследствие изнашивания вершины.

Все более широкое распространение получает акустический метод контроля, основанный на связи твердости круга с его упругими параметрами: частотой собственных колебаний, скоростью распространения акустических волн, модулем упругости и др. Контроль с применением акустического метода осуществляют приборами типа «Звук», предназначенными для измерения частоты собственных колебаний абразивного инструмента. По скорости распространения упругих колебаний в теле инструмента (скорости звука) судят о его твердости и прочностных характеристиках. Выпускают две модификации приборов: «Звук-107» и «Звук-109» для контроля твердости шлифовальных кругов типа ПП диаметром до 250 мм, отрезных кругов и брусков; «Звук-202» и «Звук-203» для контроля твердости шлифовальных кругов ∅ 250...1100 мм. Каждый из приборов изготовляют в двух исполнениях в зависимости от диапазона измеряемых частот.

Принцип действия приборов «Звук-107» и «Звук-109» основан на резонансном методе измерения собственных частот. Контролируемое изделие размещают между излучателем электрических колебаний и их приемником. Изменяя частоту электрических колебаний излучателя, добиваются ее совпадения с частотой собственных колебаний, что приводит к резонансу, регистрируемому приемником.

Принцип действия приборов «Звук-202» и «Звук-203» основан на методе свободных колебаний: с помощью микрофона улавливают механические колебания круга, по которому наносится удар. Эти колебания усиливаются специальным преобразователем, после чего автоматически осуществляется выделение сигнала, соответствующего собственным колебаниям круга. Приборы работают в двух режимах: для «звонких» кругов, например на керамической связке, и для «глухих» кругов, например на органической связке. Испытуемый круг свободно устанавливают в вертикальном положении на горизонтальной жесткой площадке. Микрофон размещают так, чтобы его ось располагалась под углом 45° к вертикальной оси круга. Зазор между кругом и микрофоном должен быть минимальным. Удар по кругу наносят специальным ударником строго по радиусу. Угол между направлением удара и вертикальной осью круга должен также составлять 45°, с тем чтобы угол между осью микрофона и направлением удара был равен 90°.

Контроль степени уравновешенности шлифовальных кругов. Неуравновешенные массы круга должны контролироваться на станках для статической балансировки. Круг с помощью балансировочной оправки устанавливают на станок и легким толчком сообщают ему медленное вращение. После остановки круга с оправкой отмечают верхнюю точку его периферии и прикрепляют к ней зажим с грузом, равным допустимой неуравновешенной массе для данного класса неуравновешенности (см. табл. 1.34). Если после этого круг начнет поворачиваться и поднимать контрольный груз в верхнее положение, то это свидетельствует о его несоответствии требованиям данного класса неуравновешенности.

Испытание шлифовальных кругов на механическую прочность. Чтобы обеспечить безопасную работу шлифовальных кругов, их предварительно испытывают на специальных испытательных станках. Испытательная скорость $v_и$ кругов должна превышать рабочую скорость $v_р$. Коэффициенты превышения испытательной скорости для кругов разных типов и размеров приведены в

табл. 1.15. При испытании на механическую прочность время вращения шлифовальных кругов диаметром до 150 мм должно составлять 1,5 мин, диаметром свыше 1000 мм — 3 мин. Допускается испытание кругов без выдержки времени вращения на контрольной испытательной скорости $v_к$, превышающей рабочую скорость $v_р$ в 1,5...1,9 раза.

Шлифовальные круги после химической обработки или механической переделки, а также по окончании срока хранения должны быть повторно испытаны на механическую прочность. Условия испытания различных кругов на механическую прочность приведены в ГОСТ 12.3.028—82.

1.15. Режимы испытания шлифовальных кругов на механическую прочность

Круги	Наружный диаметр инструмента, мм	Скорость, м/с		
		рабочая $v_р$	испытательная $v_и$	контрольная испытательная $v_к$
Шлифовальные на керамической и органической связках; эльборовые на керамической связке	⩾150	До 40	$1{,}5v_р$	1,9
	⩾30	40...50	$1{,}4v_р$	1,8
		50...60		1,7
		60...80	$1{,}3v_р$	1,65
		80...90	$1{,}2v_р$	
		90...100		1,5
		100...120	$1{,}1v_р$	1,4
Отрезные	⩾250	До 80	$1{,}3v_р$	1,7
		80...100	$1{,}2v_р$	
		100...120	$1{,}1v_р$	
Гибкие полировальные на вулканитовой связке	⩾200	до 25	$1{,}3v_р$	1,5

Примечание. Механическая прочность эльборовых кругов на органической и металлической связках должна контролироваться при скорости, равной $1{,}5v_р$.

Испытание шлифовальной шкурки. Шлифовальную шкурку подвергают нескольким испытаниям:

на износостойкость — методом истирания одной шкурки о другую в течение 2 мин при нагрузке 30 Н (шкурка на бумажной основе) и 50 Н (шкурка на тканевой основе);

на режущую способность — методом истирания шкуркой в течение 5 мин кубиков из органического стекла (шкурка на бумажной основе) или вращающегося круглого стержня ∅10 мм и длиной 300 мм из калиброванной стали 45 (шкурка на тканевой основе);

на прочность (шкурка на тканевой основе) – растяжением на разрыв.

chipmaker.ru

Условия испытания шкурок приведены в ГОСТ 5009—82, 6456—82, 10054—82, 13344 -79.

Испытание брусков осуществляют в соответствии с ГОСТ 2456 -82. Размеры брусков контролируют универсальными средствами измерения. Наличие трещин, повреждений и других дефектов определяют внешним осмотром. Твердость брусков контролируют по ГОСТ 18118 -79, 19202—80. Допускается применение акустического метода контроля твердости по нормативно-технической документации на данный метод.

1.4. КРЕПЛЕНИЕ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Основные способы крепления (ГОСТ 2270 -78) в зависимости от размера и формы абразивного инструмента указаны в табл. 1.16.

Крепление инструмента на шпинделе, оправке или переходных фланцах должно быть надежным и не создавать в инструменте внутренних напряжений. Для равномерного зажима между кругом и прижимными поверхностями фланцев, шпинделя или оправки устанавливают прокладки толщиной 0,5...3 мм из кожи, войлока, резины или картона.

1.16. Способы крепления абразивного инструмента

Эскиз	Размеры, мм		
	d	*D*	*H*
Крепление шлифовальных кругов и головок на оправке наклеиванием			
Исполнение 1 Исполнение 2	1	3,2	10
	1,5	5	
	1,6	6	16
	2	6,3	
	3	12	25
	4	13	
	6	16	40
	8; 10	40	
	13		60
Крепление шлифовальных кругов на винте			
Круги чашечной формы с выточкой	6	20	40
	10	32	32
	13; 16	50	50
	20	63	

Продолжение табл. 1.16

Эскиз	Размеры, мм		
	d	*D*	*H*
Круги остальных форм	3; 4	13	20
	6	20	25
		25	40
		40	10
	8	25	40
		40	8
	10		40
	13		
	16	50	63
	20	63	
Крепление шлифовальных кругов на шпинделе или оправке винтом или гайкой			
Круги чашечной формы с выточкой	10	32	32
	13	40	50
	16	50	21; 5; 50
	20	80	40; 63; 80
		100	50; 63
Круги остальных форм	10	32	20; 40
	13	40; 50	25
	16	40	20; 50; 63
		50	20; 40; 63
	20	63	
		80	
		100	20; 40

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.16

Эскиз	Размеры, мм		
	d	*D*	*H*
Крепление шлифовальных кругов на шпинделе или оправке фланцами			
Круги чашечной формы с выточкой	10	32	32
	13	40	50
	16	50	
	20	63	80
		80	
		100	63
		125	50
	32	100	25
		125; 150	80
		160	20
		200	63
Круги остальных форм	10	32	40
		40	10
		50	8
		63	13
	13	40	40
	16	50	63
		63	13; 63
	20	80; 1000	100
		125	20
	32	80	40
		100	80
		160	32
		200; 250	50
		125; 150	

Продолжение табл. 1.16

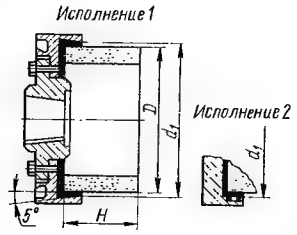
Эскиз	Размеры, мм		
	d	*D*	*H*
Крепление шлифовальных кругов на переходных фланцах винтами или гайками			
Круги чашечной формы с выточкой	32	160	25; 63; 80
		200	20; 63
	51	150	25; 80
		250	63
	76	300	20; 63; 160
			32; 63; 250
	127	350	80; 250
			50; 200
	203	500	63; 100
	305	600	
		750	
		900	
Круги остальных форм	32	160	10; 40; 50
		200	
		250	
	51	150	10; 40; 100
		250	10; 40
	76	300	10; 40; 200
		400	40; 50
	127	300	10; 40; 200
		350	
		400	10; 40; 100
		450	10; 40; 63
	203	350	10; 40; 200
		400	10; 40; 150
		500	10; 40; 100
		600	10; 40; 80

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.16

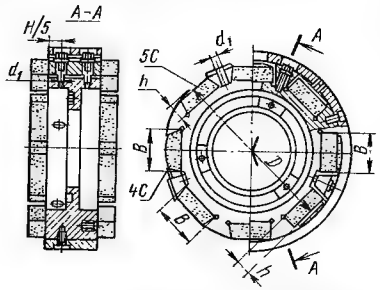
Эскиз	Размеры, мм		
	d	D	H
	305	600	10; 40; 250
		750	40; 250
		900	40; 100
	508	1060	63
		1250	100

Крепление шлифовальных кругов на переходных фланцах наклеиванием



205	200	100
305	300	160
408	400	125
458	450	
508	500	

Способ крепления	Размеры, мм								
	D	H			h		B		
		для сегментов типов							
		СП	4С	5С	СП	4С	5С	СП	4С	5С
Крепление шлифовальных сегментов на переходных фланцах	250	65	—	—	35		18	80	—	60
	300	90			46	-	46	90		
	400				-			—		
	500	120	90	65		40	44		100	100
	600				50	-		100		



1.5. АЛМАЗНЫЙ И ЭЛЬБОРОВЫЙ АБРАЗИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Алмаз и эльбор по твердости и износостойкости в 3...4 раза превосходят основные абразивные материалы, поэтому изготовленный из них инструмент используют для абразивной обработки высокотвердых и трудношлифуемых материалов.

Рис. 1.3. Маркировка алмазного или эльборового шлифовального круга:
«Ильич» – марка завода-изготовителя, 1А1-2 – обозначение формы круга, 150 – наружный диаметр (мм), 32 – высота круга (мм), 32 – диаметр посадочного отверстия (мм), 5 – ширина алмазо- или эльборосодержащего слоя (мм), 3 – высота алмазо- или эльборосодержащего слоя (мм), ЛО – вид шлифовального материала, 8 – зернистость эльборового круга (или 63/50 – алмазного круга), КБ – связка, 100% – концентрация, 30 – количество каратов алмаза или эльбора в алмазо- или эльборосодержащем слое круга

В отличие от абразивных материалов, у которых повышение твердости сопровождается уменьшением прочности, наивысшая твердость алмаза сочетается с прочностью, превышающей прочность электрокорунда и карбида кремния, поэтому алмаз используют в качестве не только абразивного, но и кристалло-лезвийного режущего, выглаживающего и измерительного инструмента, где исключительно важно сочетание наивысшей твердости с высокими износостойкостью и прочностью кристаллов. Однако алмаз имеет низкую теплостойкость и химически активен к железу, что ограничивает его применение при высокоскоростной обработке железоуглеродистых сплавов. Использование с этой целью эльбора более эффективно, так как наряду с высокой твердостью он обладает также значительной теплостойкостью и химически инертен к железу.

Инструмент из эльбора, обладая исключительно высокой износостойкостью, длительно без правки сохраняет высокие режущие свойства и заданный профиль, поэтому наиболее результативно его использование для обработки прецизионных фасонных поверхностей (резьбовых, винтовых, зубчатых, профильных направляющих и др.), а также малых отверстий, например прецизионных подшипников, где износ инструмента определяет заданную геометрическую точность.

Эльборовый мелкозернистый инструмент, сохраняя высокие режущие свойства, обеспечивает выполнение чистового шлифования с малым тепловыделением и минимальной шероховатостью шлифованной поверхности. Благодаря этим свойствам его успешно используют для заточки и доводки режущего инструмента из быстрорежущих сталей.

Алмазные и эльборовые шлифовальные круги состоят из металлического или пластмассового корпуса и режущей части – алмазо- или эльборосодержащего слоя, который приклеивается или прессуется непосредственно на корпусе. Однако имеются и другие конструкции инструмента. Среди них необходимо отметить круги, на которых закрепление алмазного или эльборового порошка осуществляется гальваническим способом, заключающимся в осаждении металла (твердого хрома, никеля, меди, железа, серебра и др.) из электролита в гальванических ваннах. Эти металлы, обволакивающие режущие зерна в процессе электролиза, прочно удерживают их и служат одновременно связкой шлифовального инструмента.

Пример маркировки алмазного или эльборового шлифовального круга показан на рис. 1.3.

Алмазные шлифовальные круги. Обозначения и области применения основных типов этих кругов указаны в табл. 1.17.

chipmaker.ru

1.17. Алмазные шлифовальные круги и области их применения

Наименование	Форма сечения	Обозначение формы	Область применения
Плоский прямого профиля без корпуса		A8	Шлифование и доводка отверстий в заготовках из твердого сплава, керамики и других высокотвердых хрупких материалов
Плоский прямого профиля		1A1	Шлифование и доводка цилиндрических и плоских поверхностей; шлифование и доводка деталей штампов, инструментов из твердого сплава; шлифование стружколомающих порожков на резцах; шлифование керамики и других хрупких материалов
Плоский прямого профиля трехсторонний		14U1	Шлифование пазов и твердосплавных деталей штампов
Плоский с выточкой		6A2	Заточка и доводка твердосплавных резцов; обработка деталей измерительных инструментов; шлифование и доводка торцов заготовок из твердого сплава, керамики и других хрупких материалов
Плоский с двусторонней выточкой		9A3	Обработка измерительных твердосплавных скоб; заточка и доводка твердосплавного инструмента
Чашечный конический		11V9-70°	Заточка и доводка фрез со вставными твердосплавными ножами по передней и задней поверхностям
		12A2-45°	Заточка и доводка твердосплавных резцов, фрез и другого многолезвийного режущего инструмента
Чашечный тарельчатый		12V5-45°	Заточка и доводка твердосплавного многолезвийного режущего инструмента с винтовыми канавками по задней поверхности

Наименование	Форма сечения	Обозначение формы	Область применения
Тарельчатый		12A2-20°	Заточка и доводка твердосплавного многолезвийного режущего инструмента по передней поверхности
		12R4	
		12V5-20°	Заточка и доводка многолезвийного твердосплавного режущего инструмента со спиральными зубьями по передней поверхности
		12D9-18°, -20°	Заточка и доводка червячных твердосплавных фрез по передней поверхности
Плоский с двусторонним коническим профилем		14EE1X	Шлифование профиля резьбы твердосплавного резьбового инструмента; заточка твердосплавных фасонных резцов; обработка твердосплавных деталей штампов
Плоский с полукругло-выпуклым профилем		1FF1X	Шлифование стружколомающих канавок на твердосплавном режущем инструменте; шлифование фасонных поверхностей заготовок из твердых сплавов

В алмазных кругах применяют преимущественно синтетические алмазы в виде шлифпорошков и микрошлифпорошков. Металлизация алмазного порошка повышает его сцепление со связкой, уменьшает изнашивание инструмента и улучшает отвод теплоты из зоны резания. Зернистость алмазных кругов выбирают в зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности (табл. 1.18).

1.18. Выбор зернистости алмазного инструмента в зависимости от требуемой шероховатости обработанной поверхности

Шероховатость обработанной поверхности *Ra*, мкм (ГОСТ 2789–73)	Связка	
	металлическая	органическая (бакелитовая)
2,5 ... 1,25	315/250 ... 200/160	—
0,63 ... 2,5	200/160 ... 125/100	
0,32 ... 1,25	125/100 ... 80/63	

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.18

Шероховатость обработанной поверхности Ra, мкм (ГОСТ 2789—73)	Связка	
	металлическая	органическая (бакелитовая)
0,16 ... 0,63	63/50 ... 50/40	80/63 ... 63/50
0,08 ... 0,32		63/50 ... 50/40
0,04 ... 0,16		40/28 ... 28/20
0,02 ... 0,08		20/14 ... 10/7

Примечание. Верхние пределы шероховатости соответствуют закаленным сталям, нижние — твердым сплавам.

Алмазные круги изготовляют на металлических, органических и керамических связках. Металлическая связка сообщает инструменту высокие прочность, кромкостойкость и износостойкость. Вместе с тем она снижает режущие свойства и способствует «засаливанию» кругов, что требует их периодической правки. Инструмент на органической связке отличается повышенной режущей способностью, не «засаливается», обеспечивает меньшее тепловыделение при шлифовании и наименьшую шероховатость обработанной поверхности, однако имеет повышенное изнашивание, поэтому используется главным образом при финишной обработке. Керамическая связка позволяет регулировать структуру инструмента, поэтому последний наиболее эффективен при обработке вязких материалов, особенно при одновременном шлифовании твердого сплава и стали. Разновидности связок и области их применения указаны в табл. 1.19.

1.19. Связки для алмазных кругов и области их применения

Связка	Особенности	Область применения
Металлическая на основе:		
оловянистой бронзы (М1, МИ и др.)	Обеспечивает сравнительно малый удельный расход алмазов, сохранение формы профиля, высокую размерную стойкость инструмента, возможность работы с переменными силами резания. Круг засаливается, требует периодической правки	Изготовление инструмента для обработки твердых сплавов с повышенным съемом металла, хонингования
медно-алюминиевой (МО4, М5-5 и др.)	Круг меньше засаливается, но больше изнашивается, чем круг на бронзовой основе	Изготовление инструмента для шлифования твердых сплавов, твердых сплавов вместе со сталью, электроалмазного шлифования и заточки
кобальтовой (МО3 и др.), твердосплавной	Круг обладает высокой износостойкостью	Изготовление инструмента для резки камня, гранита, стекла и других неметаллических материалов, правки кругов

Продолжение табл. 1.19

Связка	Особенности	Область применения
Металлосиликатная (МС1, МС6, МС15 и др.), пористая (МП2 и др.)	Круг обладает повышенной режущей способностью, меньше засаливается	Изготовление инструмента для обработки керамики, стекла, закаленных чугунов
Никелевая гальваническая	Обеспечивает возможность изготовления весьма тонких, малогабаритных фасонных кругов, малый расход алмазов. Круг обладает высокой режущей способностью	Изготовление: инструмента для обработки фасонных поверхностей, шлифования отверстий диаметром до 1 мм; зубоврачебного инструмента (боров); алмазных дисков для разрезных работ
Органическая с наполнителем:		
абразивным (Б1, Б3, Б8 и др.)	Обеспечивает сохранение постоянной режущей способности круга, устранение вибраций, которые могут появиться в технологической системе при работе кругами на металлической связке	Изготовление инструмента для чистового шлифования твердых сплавов
металлическим (Б2, Б156, ТО2 и др.)	Обеспечивает шлифование, заточку или доводку без применения СОЖ, устранение поверхностных дефектов, снижение сил резания и температуры в зоне шлифования	Изготовление инструмента для заточки и доводки режущего инструмента
Органическая на эластичной основе:		
Р1	Наиболее эластичная	Изготовление инструмента для наиболее тонких полировальных операций с обеспечением шероховатости поверхности Ra=0,4 ... 0,01 мкм
Р4	Эластичная, повышенной твердости; обеспечивает по сравнению со связкой Р1 более высокую производительность	Изготовление инструмента для полирования с обеспечением шероховатости поверхности Ra=0,08 ... 0,04 мкм
Р9	Полужесткая	Изготовление инструмента для полирования с обеспечением шероховатости поверхности Ra=0,3 ... 0,08 мкм
Р14	Жесткая; обеспечивает наибольшую производительность	Изготовление инструмента для полирования с обеспечением шероховатости поверхности Ra=0,6 ... 0,3 мкм
Керамическая (К1, СК и др.)	Обеспечивает возможность регулирования структуры инструмента	Изготовление инструмента для шлифования и заточки твердого сплава вместе со сталью

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.19

Связка	Особенности	Область применения
Токопроводящая — органическая (БП3) и металлическая (МВ1, ПМ1, МК, М1)	Обеспечивает возможность электрохимического шлифования	Изготовление инструмента для электрохимического шлифования твердых сплавов, заточки твердосплавного инструмента со снятием больших припусков

Концентрация определяет количество алмазного порошка в алмазосодержащем слое инструмента. Содержание алмазов, равное 25% объема алмазосодержащего слоя, принято за 100%-ную концентрацию, что соответствует 0,878 мг алмазов на 1 мм^3 слоя. Алмазные круги изготовляют 25; 50; 100; 150 и 200%-ной концентрации. Для большинства операций алмазного шлифования и заточки применяют круги 100%-ной концентрации. Пониженной концентрации (50 и 25%-ной) изготовляют мелкозернистые круги, а также инструмент для шлифования хрупких материалов, например стекла.

Алмазный эластичный инструмент на водо- и маслостойких каучукосодержащих связках изготовляют в виде полировальных коротких лент, шлифовально-полировальных бесконечных лент, эластичных хонинговальных блок-брусков и др.

Алмазные полировальные короткие ленты предназначены для обработки металлических изделий, в частности стальных и чугунных деталей автомобильных и тракторных двигателей (шеек коленчатых валов, кулачков и шеек распределительных валов, стержней клапанов и др.). Они обеспечивают высокое качество поверхности, низкую шероховатость ($Ra = 0{,}04$ мкм) и высокую износостойкость (одной лентой на операции полирования можно обработать не менее 20 тыс. шеек коленчатых валов автотракторных двигателей).

Алмазные шлифовально-полировальные бесконечные ленты используют для обработки чугунных и стальных валов, роликов, коленчатых валов и других деталей, представляющих собой тела вращения. Обрабатывают ими также детали из твердых сплавов, цветных металлов и их сплавов. Применение алмазных бесконечных лент обеспечивает получение поверхности шероховатостью $Ra = 0{,}04...0{,}012$ мкм при обработке черных, цветных металлов и их сплавов и шероховатостью $Ra = 0{,}02...0{,}006$ мкм – при обработке твердых сплавов.

Алмазные эластичные хонинговальные блок-бруски применяют для чистового (окончательного) хонингования отверстий в стальных и чугунных деталях, таких, как блоки цилиндров, гильзы и втулки автомобильных тракторных и мотоциклетных двигателей внутреннего сгорания, шатуны, шестерни, детали тормозных и гидравлических систем, цилиндры компрессоров, насосов, топливной аппаратуры, детали станков, холодильников и т. п.

Применение алмазных эластичных блок-брусков при чистовом хонинговании позволяет получать стабильную шероховатость поверхности ($Ra = 0{,}32...0{,}04$ мкм). Одним комплектом таких брусков в зависимости от условий их применения можно обработать 100...150 тыс. отверстий.

Эльборовые шлифовальные круги. Обозначения и области применения основных типов эльборовых шлифовальных кругов указаны в табл. 1.20.

1.20. Эльборовые шлифовальные круги и области их применения

Наименование круга	Форма сечения	Обозначение формы	Область применения
Плоский прямого профиля: на керамической связке		1А1-1	Круглое наружное, внутреннее и плоское шлифование периферией круга быстрорежущих, высоколегированных, жаропрочных и других трудношлифуемых сталей
на органической связке		1А1-2	
Плоский прямого профиля без корпуса на керамической связке		А8	Шлифование и доводка отверстий в деталях из твердого сплава, керамики или других хрупких материалов
Плоский с двусторонним коническим профилем		1Е1	Шлифование профиля резьбы, метчиков, ходовых винтов, резьбовых калибров
		1Е6Q	
		1D1	
Плоский с односторонним коническим профилем		1V1	Шлифование и чистовая заточка пил и многолезвийного режущего инструмента
		1R1	
Плоский прямого профиля (торцовый)		1А2	Плоское чистовое шлифование торцом круга
Плоский с полукругло-выпуклым профилем		1F1X	Чистовое шлифование и доводка радиусных и фасонных поверхностей
Профильный		4V9	Чистовое профильное шлифование в инструментальном производстве
Плоский с выточкой		6А2	Чистовое шлифование и доводка торцовых поверхностей на плоскошлифовальных и суперфинишных станках

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.20

Наименование круга	Форма сечения	Обозначение формы	Область применения
Плоский с двусторонней выточкой		9А3	Чистовое шлифование скоб и пазов
Чашечный конический		12А2-45°	Заточка режущего инструмента из трудношлифуемых сталей; шлифование направляющих чугунных и стальных станин; шлифование и доводка торцовых поверхностей
		11А2	
		12V5-45°	Заточка и доводка многолезвийного инструмента
Тарельчатый		12R9	Чистовая заточка и доводка многолезвийного режущего инструмента по передней поверхности (с малой высотой кромки)
		12V9	
		12А2-20°	Чистовое шлифование и чистовая заточка многолезвийного режущего инструмента (разверток, зенкеров и др.)
		12R4	
		12V5-20°	
Плоский прямого профиля		14А1	Чистовое шлифование пазов
Плоский с двусторонним коническим профилем		14ЕЕ1Х	Шлифование профиля резьбы, метчиков, резьбовых калибров, ходовых винтов

В шлифовальных кругах эльбор используют в виде шлифзерна, шлифпорошка и микрошлифпорошка. В зависимости от зернистости эльборовые круги применяют в различных областях (табл. 1.21). Изготовляют их 25; 50; 75; 100; 125 и 150%-ной концентрации. Наибольшее применение имеет инструмент 100%-ной концентрации, где в 1 мм^3 эльборосодержащего слоя содержится 0,878 мг эльбора.

1.21. Зернистость эльборовых шлифовальных кругов, области их применения

Зернистость	Размер зерна основной фракции, мкм	Область применения
ЛМ1	0...2	Доводка
ЛМ3 ЛМ5 ЛМ7 ЛМ10 ЛМ14 ЛМ20	1...3 3...5 5...7 7...10 10...14 14...20	Полирование
ЛМ28 ЛМ40 Л4 Л5	20...28 28...40 40...50 50...63	Тонкое шлифование, суперфиширование
Л6 Л8 Л10	63...80 80...100 100...125	Тонкое шлифование
Л12 Л16 Л20 Л25	125...160 160...200 200...250 250...315	Шлифование

Инструмент из эльбора изготовляют на органической, керамической и металлической связках. Наиболее широко используют круги на органической и керамической связках. Керамическая связка обеспечивает прочное закрепление зерна и высокую кромкостойкость инструмента, органическая – повышенную эластичность, самозатачиваемость, более высокие режущие свойства, а также возможность бесприжогового шлифования. Однако круги на органической связке интенсивнее изнашиваются и имеют более низкую кромкостойкость. Области применения эльборового инструмента на различных связках указаны в табл. 1.22.

1.22. Области применения эльборовых кругов на различных связках

Связка	Обозначение	Область применения
Органическая	О	Заточка режущего инструмента из быстрорежущих сталей; шлифование направляющих станин; плоское шлифование труднообрабатываемых сталей
Керамическая	К	Круглое внутреннее и плоское шлифование режущего инструмента и других изделий из труднообрабатываемых сталей; резьбошлифование и зубошлифование; шлифование отверстий и беговых дорожек малогабаритных прецизионных подшипников
Металлическая	М	Шлифование резьбы с малым шагом; чистовое хонингование сталей

chipmaker.ru

1.6. ПРАВКА ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Правкой восстанавливают режущую способность, геометрическую форму и микропрофиль рабочей поверхности круга. Точность геометрической формы круга в большой степени зависит от износостойкости правящего инструмента. Рельеф режущей поверхности шлифовального круга, определяющий его режущие свойства и шероховатость шлифованной поверхности, зависит от типа правящего инструмента и режима правки, особенно продольной подачи, в зависимости от которой производительность съема металла меняется в 2...3 раза, а шероховатость поверхности — в пределах трех классов.

Выпускают следующие основные виды алмазных правящих инструментов: карандаши (ГОСТ 607—80); алмазы в оправах (ГОСТ 22908—78); резцы (ГОСТ 17368—79, ТУ 2-037-221—78); иглы (ГОСТ 17564—85); пластины (ТУ 2-037-230—78), применяемые вместо алмазов в оправах; гребенки (ТУ 2-037-230—78), используемые вместо алмазных резцов; бруски прямого профиля (ОСТ 2473-4—80); ролики прямого (ГОСТ 16014—78) и фасонного (ТУ 2-037-131—82) профилей.

В настоящее время для изготовления правящего инструмента все более широко используют синтетические алмазы вместо натуральных в связи с дефицитом и относительно высокой стоимостью последних.

Правку осуществляют тремя способами — обтачиванием, обкатыванием и шлифованием.

При правке обтачиванием правящий инструмент выполняет роль резца, а скорость правки равна окружной скорости шлифовального круга. Такой способ, будучи наиболее простым и надежным, вместе с тем вызывает наибольшее изнашивание правящего инструмента, в связи с чем в качестве последнего может быть использован лишь алмазный инструмент, обладающий наибольшей износостойкостью.

Обтачиванием осуществляют главным образом автоматическую и профильную правку, а также правку кругов, используемых для прецизионного шлифования, обеспечивающего 6-й квалитет точности и шероховатость поверхности $Ra = 0{,}32$ мкм и менее.

Правящим инструментом при этом способе правки служат алмазные карандаши, алмазные зерна (с естественными гранями), закрепленные в оправах, алмазные инструменты, режущая часть которых искусственно ограничивается (шлифуется) по определенной геометрической форме (резцы, иглы, гребенки).

К основным преимуществам алмазных карандашей (ГОСТ 607—80) относятся простота конструкции, жесткость, возможность изменения характеристики по размерам, количеству и расположению алмазов, равномерное распределение рабочей нагрузки между алмазными зернами, меньшая опасность разрушения алмазов и наиболее низкая их стоимость. В связи с этим алмазные карандаши являются самым распространенным видом правящего инструмента. Основные типы алмазных карандашей и области их применения указаны в табл. 1.23.

Карандаши типа 01 с расположением алмазов вдоль оси инструмента имеют такое же назначение, как и карандаши с одним алмазом. В карандашах

1.23. Основные типы алмазных карандашей и области их применения

Расположение алмазов	Эскиз	Тип	Область применения
Цепочкой вдоль оси карандаша		01 (Ц)	Правка фасонного профиля по копиру; внутреннее шлифование; все виды шлифования кругами зернистостью 25 и крупнее (если отсутствуют карандаши типа 02)
Слоями		02 (С)	Все виды шлифования, кроме профильной правки по копиру и резьбошлифования
В один слой по сферической поверхности		03 (ЦФ)	Профильное шлифование
Неориентированно		04 (Н)	Резьбошлифование однониточными кругами зернистостью 16 и мельче; прецизионное шлифование мелкозернистыми кругами с высокими требованиями к шероховатости поверхности; правка тонких кругов на вулканитовой связке, фасонных кругов с острым профилем, кругов для заточки пил

типа 02 алмазы могут быть расположены слоями с перекрытием, чтобы по мере изнашивания одного слоя алмазов вступили в работу алмазы последующего слоя. Этот инструмент наиболее эффективен при правке крупногабаритных кругов. В карандашах типа 03 алмазы расположены по сферической поверхности в один слой, при этом их вершины выступают равновысотно над уровнем связки, благодаря чему достигается более открытая структура рабочей поверхности круга с повышенной режущей способностью. Карандаши типа 04, изготовляемые из мелких алмазных порошков, способны при правке формировать острые кромки круга, обладающие достаточно высокой режущей способностью.

Кристальные алмазные правящие инструменты разделяются на инструменты из алмазов естественной формы и обработанных (ограненных) алмазов. Алмазный однокристальный инструмент с зернами естественной формы имеет более острые режущие кромки, которые ориентированы при установке алмаза в оправе. В связи с этим инструмент работает с меньшими усилиями, что весьма важно при правке кругов на вулканитовой связке, резьбошлифовании (однониточным кругом), шлице- и зубошлифовании, а также в других случаях, где необходимо получить острые тонкие режущие кромки или уменьшить упругие отжатия круга

chipmaker.ru

на вулканитовой связке в процессе его правки. Для рационального использования алмазов необходимо переставлять зерна новой острой вершиной вверх, когда площадка износа достигает 1...2 мм^2.

В ограненных алмазных инструментах алмазу придается определенная геометрическая форма и создаются режущие кромки, ориентированные по вектору твердости. Этот инструмент необходим для образования сложных профилей и одновременной правки периферийных и торцовых поверхностей по копиру.

Основные типы алмазного кристального инструмента и области его применения указаны в табл. 1.24.

1.24. Основные типы алмазного кристального инструмента и области их применения

Тип инструмента	Эскиз	Область применения
Алмаз естественной формы в оправе		Профильная правка по копиру; правка кругов с острыми кромками; резьбо-, шлице- и зубошлифование; правка кругов на вулканитовой связке; правка набора кругов разного диаметра
Алмазный резец *		Правка по копиру периферии и торца круга или сложного профиля при совмещенном шлифовании нескольких торцовых или цилиндрических поверхностей
Алмазная игла *		Правка одно- и многониточных резьбошлифовальных кругов
Алмазная гребенка *		Правка по копиру периферии и радиусных галтелей круга; прорезка кольцевых канавок в круге; многокруговое шлифование

* Алмазы ограненные.

Карандаши типа Ц, ЦФ и алмазные кристальные инструменты должны быть установлены под углом $\alpha = 10...15°$, а карандаши типа С - под углом 2...5° к оси, проходящей через центр круга с наклоном в сторону его вращения. Иногда рабочую кромку карандаша смещают вниз на 1...2 мм. В процессе работы станка карандаш периодически поворачивают вокруг оси, вводя в работу незатупившиеся режущие кромки алмазов.

К недостаткам алмазного однокристального инструмента относится необходимость частой перестановки и повторных огранок, поэтому в условиях массового производства начали применять алмазные гребенки, в которых алмазы удлиненной формы закреплены по периферии и боковым сторонам пластин. Алмазные гребенки обеспечивают высокую точность автоматической правки и имеют стойкость в 10...15 раз более высокую, чем однокристальный инструмент.

Рекомендуемые режимы правки приведены в табл. 1.25...1.27.

1.25. Рекомендуемые режимы неавтоматической правки обтачиванием алмазными карандашами

Вид шлифования	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв. ход (при черновых ходах)	Число рабочих ходов (при черновых ходах)	Поперечная подача, мм/дв. ход (при чистовых ходах)	Число рабочих ходов (при чистовых ходах)	Число рабочих ходов без подачи
Круглое наружное напроход	0,8	0,3...0,4	0,02...0,03	2...3	0,01	1...2	1
	0,4	0,2...0,3					1...2
	0,2	0,1...0,2			0,005		1
	0,1	0,05...0,1			0,01		
Круглое врезанием	0,8	0,15...0,25				1...2	
	0,4	0,08...0,15			0,005		1...2
	0,2	0,05...0,08			0,01		1
Плоское	0,8	0,6...0,8					
	0,4	0,4...0,6			0,005		1...2
	0,2	0,2...0,4			0,01		
Внутреннее	0,8	2...3		2...4	0,005		2...3
	0,4	1...2					

chipmaker.ru

1.26. Рекомендуемые режимы автоматической правки обтачиванием алмазными карандашами

Вид шлифования	Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	Подача	
		продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
Круглое врезанием	0,8	0,2...0,3	0,02...0,03
	0,4	0,1...0,5	
	0,2	0,05...0,08	0,01...0,03
Наружное	0,8	0,2...0,3	0,02...0,03
	0,4	0,1...0,2	0,01...0,02
Бесцентровое напроход	0,4	0,1...0,15	0,02...0,3
	0,2	0,8...0,1	
	0,1	0,05...0,08	0,01...0,02
Внутреннее	0,8	2...3	0,02...0,03
	0,4	1...2	
Плоское торцом круга		0,15...0,2	
Резьбошлифование	0,8	0,08...0,15	0,01...0,02
	0,4	0,05...0,08	
Шлицешлифование	0,8	0,5...0,7	0,02...0,03
	0,4	0,3...0,5	
Профильное	0,8	0,2...0,3	
	0,4	0,1...0,15	0,01...0,02
	0,2	0,08...0,1	

1.27. Рекомендуемые режимы правки алмазами в оправах, резцами, иглами, пластинами и гребенками

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	Подача	
			продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
Круглое шлифование: врезанием	Пластины, гребенки	0,8	0,15...0,3	0,02...0,03
	Алмазы в оправах, резцы, иглы	0,4	0,1...0,15	0,015...0,02
		0,2	0,05...0,1	0,01...0,015
		0,1	0,03...0,05	0,005...0,01

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	Подача	
			продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
напроход	Пластины, гребенки	0,4	0,15...0,2	0,02...0,03
	Алмазы в оправах, резцы, иглы	0,2	0,1...0,15	0,015...0,02
		0,1	0,05...0,1	0,01...0,015
торцов	Алмазы в оправах	0,4	0,1...0,2	0,01...0,02
Бесцентровое шлифование: врезанием	Пластины, гребенки	0,8	0,15...0,3	0,02...0,03
	Алмазы в оправах, резцы, иглы	0,4	0,1...0,15	0,015...0,02
		0,2	0,05...0,1	0,01...0,015
		0,1	0,03...0,05	0,005...0,01
напроход	Пластины	0,8	0,2...0,3	0,02...0,03
	Алмазы в оправах	0,2	0,1...0,15	0,015...0,02
		0,1	0,05...0,1	0,01...0,015
Правка ведущего круга	Карандаши, алмазы в оправах	—	0,1...0,15	0,02...0,03
Внутреннее шлифование: отверстий	Алмазы в оправах, пластины	0,4	1...2	0,02...0,03
		0,2	0,5...1	0,01...0,02
		0,1	0,3...0,5	0,005...0,01
торцов	Алмазы в оправах	0,4	1...2	0,02...0,03
Плоское шлифование: периферией круга	Резцы, алмазы в оправах, пластины	0,4	0,4...0,6	0,02...0,03
		0,2	0,2...0,4	0,01...0,02
торцом круга	Карандаши, алмазы в оправах	0,8	2...3	0,02...0,03
		0,4	1...2	
Резьбошлифование	Иглы, алмазы в оправах		0,05...0,08	0,01...0,02

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.27

Вид обработки	Вид правящего инструмента	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Подача	
			продольная, м/мин	поперечная, мм/дв. ход
Шлицешлифование: боковых сторон	Алмазы в оправах	0,4	0,2...0,4	0,02...0,03
дна впадины			0,3...0,5	
Профильное шлифование	Гребенки, пластины	0,8	0,2...0,3	0,03...0,04
	Резцы, алмазы в оправах, иглы	0,4	0,1...0,15	0,02...0,03
		0,2	0,08...0,1	0,01...0,02

Правку обкатыванием осуществляют правящими дисками, получающими вращение при контакте образующей с вращающимся шлифовальным кругом. Этот способ, при котором скорость правки варьируется от 0,1 до 5 м/с, способствует наименьшему изнашиванию правящего инструмента, поэтому в качестве инструмента для правки можно применять металлические и твердосплавные диски. Скорость правки регулируется поворотом оси правящего диска относительно оси шлифовального круга.

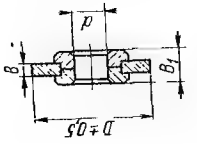
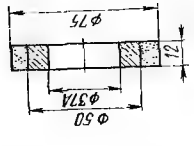
Металлические диски применяют преимущественно на обдирочных и предварительных операциях шлифования кругами на бакелитовой связке, работающими в режиме самозатачивания, где основное назначение правки сводится к периодическому восстановлению геометрической формы шлифовального круга вследствие его неравномерного изнашивания в процессе обработки. Скорость правки металлическими дисками составляет 0,1...0,5 м/с.

Твердосплавный правящий инструмент используют в виде монолитных твердосплавных дисков и металлических дисков со спеченной крошкой из твердого сплава. Диски из твердосплавной крошки обладают более высокой износостойкостью и эффективнее восстанавливают режущие свойства круга. Монолитные диски имеют меньшие размеры и легче встраиваются в станки, имеющие ограниченное место для размещения правящих средств. Твердосплавные диски обеспечивают скорость правки 3...5 м/с, их применяют на операциях шлифования с ручным циклом, где по условиям обработки применение алмазного инструмента не допускается.

Правку обкатыванием используют также и в качестве накатки — операции получения резьбовых и фасонных поверхностей на шлифовальном круге; в этом случае скорость шлифовального круга снижается до 1...2 м/с.

Основные типы инструментов для правки обкатыванием и области их применения указаны в табл. 1.28.

1.28. Основные типы инструментов для правки обкатыванием и области их применения

Тип инструмента	Эскиз	Размеры, мм	Область применения
Твердосплавный монолитный		D.....32;35;40 60 B..... 2,5 4 B_1..... 4,5 6 d..... 14 28	Бесцентровое шлифование с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 1,2$ мкм; внутреннее шлифование (диски ∅ 32 мм)
Рабочий обод из твердосплавной крошки (внутренняя ступица стальная)		См. эскиз	Бесцентровое, круглое и плоское (периферией круга) шлифование по 7-му квалитету точности с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 1,2$ мкм; шлифование торцом круга
Звездочки: тупозубые			Круглое и бесцентровое шлифование по 8...9-му квалитетам точности; черновое шлифование с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 2,5$ мкм; плоское шлифование торцом круга

chipmaker.ru

Продолжение табл. 1.28

Тип инструмента	Эскиз	Размеры, мм	Область применения
острозубые		D .....35 50 d .....10 14 d_1.....24 34	Плоское шлифование торцом круга; предварительная правка кругов; правка точил
Диски: с кольцевыми канавками		D .....50 70 d .....14 28 d_1.....35 46	Шлифование мягкими и малогабаритными кругами по 7...9-му квалитетам точности с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 1{,}2$ мкм
гофрированные	Вид А (развернуто)	D .....50 70 d .....28 35 d_1.....24 46	Бесцентровое и круглое шлифование по 6...9-му квалитетам точности с обеспечением шероховатости поверхности $Ra = 1{,}2$ мкм

Правку шлифованием осуществляют при принудительном вращении цилиндрического правящего инструмента – алмазного ролика или абразивного правящего круга. Правящий алмазный ролик вращается от индивидуального электропривода. Правку производят на рабочей скорости шлифовального круга, при этом правящему алмазному ролику сообщается встречное или попутное вращение со скоростью 10...30 м/с. Применяют два способа правки — напроход и врезанием. Использование многолезвийного вращающегося инструмента позволило значительно уменьшить его линейный износ, повысить точность правки и значительно сократить ее продолжительность.

Алмазный ролик (табл. 1.29) состоит из стального корпуса и алмазно-твердосплавного слоя. Твердый сплав применяют в качестве связки для удерживания алмазов до их полного изнашивания. Алмазные зерна округлой формы расположены на рабочей поверхности в один ряд таким образом, чтобы при правке следы зерен перекрывали друг друга.

1.29. Алмазные правящие ролики и области их применения

Наименование инструмента и эскиз	Схема правки	Область применения
Алмазный ролик для правки напроход	Правка периферии и галтелей круга	Автоматическая правка кругов для шлифования коленчатых валов; автоматическая правка при скоростном шлифовании ($v_{кр} = 50...60$ м/с и выше)
Алмазный ролик для профильной правки врезанием		Профильная правка на кругло-, шлице- и плоскошлифовальных станках
Алмазный ролик для правки врезанием сложных поверхностей		Профильная правка на операциях совмещенного шлифования нескольких поверхностей

Ролики цилиндрической формы (см. табл. 1.29) применяют для правки напроход и правки галтелей. При профильной правке врезанием фасонными

chipmaker.ru

1.30. Рекомендуемые режимы правки алмазными роликами

Схема правки роликом	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Окружная скорость, м/с		Продольная подача, м/мин		Поперечная подача, мм/дв. ход		Скорость подачи на врезание, мм/мин	Направление вращения ролика и круга
		шлифовального круга	алмазного ролика	при прямом ходе	при обратном ходе	при прямом ходе	при обратном ходе		
Прямого профиля: напроход (оси ролика и круга взаимно параллельны)	0,4	35	15...20	1...1,2	1...1,2	0,02...0,03	—	—	Встречное
		60		1,5...2	1,5...2				
по копиру (оси ролика и круга взаимно перпендикулярны)	0,8	35...45	10	0,5	0,3	0,15...0,03	0,005	—	—
	0,4		10*						
Фасонным по копиру (оси ролика и круга взаимно параллельны или взаимно перпендикулярны)	0,8		10...15	0,3...0,4	0,2...0,3	0,01...0,02	0,005...0,01		
	0,4		10...15*						
Фасонным методом врезания: черновое шлифование	0,8	35...80	30...35	—	—	0,01...0,03	—	0,8...1	Попутное
чистовое шлифование	0,4		12...15			0,005...0,02**		0,5...0,7	Встречное

* При обратном ходе скорость ролика равна нулю.
** Время выхаживания составляет 3...5 с.

роликами (см. табл. 1.29) размерная и геометрическая точность деталей обеспечивается точностью профиля ролика. Правка врезанием особенно эффективна на операциях, где применяют высокие круги (100 мм и выше) или необходима профильная правка по копиру. Такой правкой обеспечивается шероховатость поверхности $Ra = 0{,}63...2{,}5$ мкм (примерно на один класс ниже правки напроход). Вследствие очень малого изнашивания алмазного ролика им осуществляют до 50...100 тыс. правок, поэтому применение алмазных роликов значительно упрощает наладку станка (особенно на операциях совмещенного шлифования нескольких поверхностей), обеспечивает точность взаимного расположения и размеров шлифуемых поверхностей, позволяет осуществлять правку за период установки обрабатываемой заготовки и снятия готовой детали и этим повысить производительность станка. Рекомендуемые режимы правки алмазными роликами приведены в табл. 1.30.

При правке шлифованием используют также шлифовальные круги из черного карбида кремния твердостью ВТ и ЧТ. Правку шлифовальными кругами осуществляют преимущественно на круглошлифовальных станках. Правящий круг, закрепленный на оправке, устанавливают в центры передней и задней бабок станка; он получает принудительное вращение с окружной скоростью 1...3 м/с от привода передней бабки.

Правка алмазных кругов. Правку и чистку кругов выполняют в случаях засаливания режущей поверхности, при неравномерном износе и необходимости восстановления формы круга. Наиболее простой и доступной является правка обтачиванием абразивными брусками и шлифованием абразивными кругами.

Абразивные бруски при правке закрепляют в тисках или специальных приспособлениях на столе плоскошлифовального или заточного станка. Алмазный круг при правке вращается с обычной рабочей скоростью. Рекомендации по выбору характеристики брусков приведены в табл. 1.31.

1.31. Выбор абразивных брусков для правки алмазных кругов обтачиванием

Связка алмазного круга	Зернистость алмазного круга	Характеристика абразивного бруска			
		Материал	Твердость	Зернистость	Номер структуры
Металлическая и керамическая	100/80; 200/160; 63/50; 80/63; 50/40	6С	С1...С2	16...25	5
			СМ1...СМ2	8...12	8
			М3...СМ2	3...4	9
Органическая	50/40; 100/80; 40/28 и мельче	2А	М3...СМ2	8...10	6
				М40	

При правке шлифованием правящему кругу сообщается принудительное вращение с окружной скоростью 25...35 м/с; алмазный круг вращается с окружной скоростью 1...3 м/с. Продольная подача составляет 1...2 м/мин, подача на глубину правки — 0,02...0,04 мм/дв.ход. Алмазные круги на металлической связке следует править кругами из зеленого карбида кремния зернистостью 40...25, твердостью СТ1...СТ2, а алмазные круги на органической связке — кругами из зеленого карбида кремиия зернистостью 16...8, твердостью СМ2...С1 на кера-

chipmaker.ru

мической связке. Правку кругов желательно производить с охлаждением. Чистку алмазных кругов осуществляют немзой или брусками из белого электрокорунда зернистостью 16...12, твердостью СМ2 с жестким креплением правящего инструмента.

Наряду с механическими способами правку выполняют также методами физико-химического воздействия на алмазосодержащий слой инструмента на металлической связке. К таким методам относятся электроэрозионный, электрохимический, химического травления связки и др. Из них наиболее распространен электрохимический, заключающийся в электрохимическом растворении связки и механическом удалении продуктов растворения. Электрохимическое растворение обусловливает высокую производительность, а механическое удаление продуктов растворения, в том числе анодной пленки, обеспечивает качество и точность правки. Процесс правки осуществляется следующим образом: алмазный круг, подключенный к положительному полюсу, подводят к правящему инструменту (например, стальной пластине), подключенному к отрицательному полюсу, и подают в зону правки электролит. Напряжение в системе составляет 4...12 В. Правка производится на рабочей скорости круга с большой поперечной подачей.

Правка эльборовых кругов. Круги на керамической связке правят обтачиванием алмазно-металлическими карандашами типа 01(Ц) и алмазами в оправе. Скорость продольной подачи правящего инструмента составляет 50...60 мм/мин, глубина врезания — 5...6 мкм. Круги на органических связках правят шлифованием алмазными кругами зернистостью 100/80, 100-ной концентрации на связке М1. Окружная скорость алмазного круга составляет 15...20 м/с, продольная подача — 100...150 мм/мин, глубина врезания — 3...5 мкм. Круги на металлической связке правят шлифованием абразивными кругами из карбида кремния. Характеристика правящего круга 63С 16 СМ1/СМ2 К5, его окружная скорость — 15...20 м/с, продольная подача — 100...150 мм/мин, глубина врезания — 3...5 мкм.

Правка многокристальными карандашами МААС из синтетических алмазов. Правящие карандаши МААС разработаны Институтом сверхтвердых материалов (ИСМ) АН УССР и выпускаются (по специальным техническим условиям) зернистостью от 100/80 до 500/400. В отличие от карандашей, выполненных по соответствующим ГОСТам, концентрация алмазов в них повышена и достигает 250...300%.

Карандаши МААС (рис. 1.4) изготовляют двух типов: со сплошным алмазным слоем — тип 1 и слоем с центральным каналом для подвода СОЖ в зону правки — тип 2. Хвостовая часть карандаша выполняется цилиндрической или конической.

Эффективна правка абразивных и эльборовых кругов зернистостью 5...40, твердостью М, СТ и иногда Т. Диаметр карандаша зависит от диаметра, высоты и твердости круга. На резьбо- и внутришлифовальных станках используют карандаши, диаметр рабочего слоя которых составляет 4 или 6 мм. Карандаши типа 2 применяют при круглом, бесцентровом и плоском шлифовании. Если высота круга не превышает 20 мм, используют карандаши ∅ 8...10 мм, если она выше 20 мм — ∅ 14...18 мм. Расход жидкости при охлаждении должен составлять не менее 2 л/мин. Твердые круги целесообразно править только на чистовых операциях с обильным охлаждением.

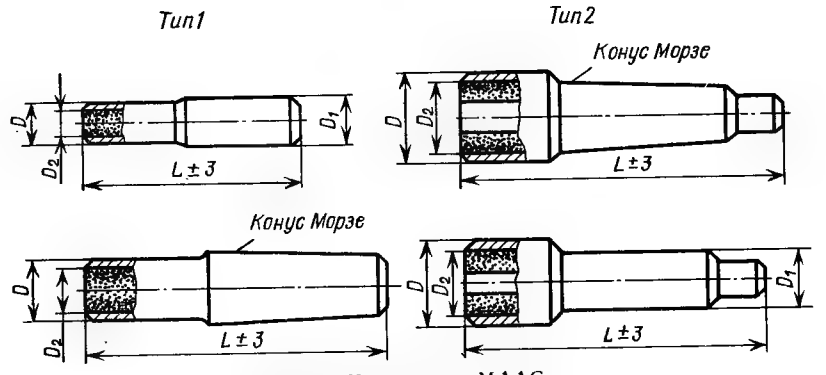


Рис. 1.4. Карандаши МААС

Перед началом процесса правки карандашом МААС необходимо проверить надежность его закрепления в приспособлении и осуществить подачу СОЖ через центральное отверстие инструмента. При правке карандаш следует подвести к кругу примерно по середине его высоты, затем включить продольную подачу и плавными поперечными перемещениями ввести карандаш в соприкосновение с поверхностью круга.

Применение карандашей МААС позволяет снизить припуск на правку, увеличить общую стойкость и кромкостойкость кругов между правками, уменьшить шероховатость поверхности, обработанной этими кругами, в 1,5...2 раза по сравнению с шероховатостью, обеспечиваемой при шлифовании кругами, правящимися инструментом из природных алмазов, а при уменьшении зернистости алмазов в карандаше с 500/400 до 125/100 — в 1,8...2 раза. Получение шлифованной поверхности шероховатостью Ra=0,32...0,08 мкм позволяет в некоторых случаях исключить доводочные операции. При необходимости получения обработанной поверхности шероховатостью Ra=0,08...0,04 мкм при правке круга следует осуществлять выхаживающие ходы.

Режимы правки карандашами МААС абразивных и эльборовых кругов на керамической связке приведены в табл. 1.32 и 1.33.

1.32. Режимы правки карандашами МААС абразивных кругов зернистостью 16...40 на керамической связке

Вид шлифования	Шероховатость поверхности Ra, мкм	Подача	
		продольная, м/мин	поперечная, мм/ход
Круглое наружное	0,05...0,63	0,2...0,6	0,005...0,01
	0,63...1,25	0,3...1	0,01...0,02
Плоское	0,2...0,8	0,3...0,7	0,005...0,01
Внутреннее	0,16...1,25	0,1...0,5	
Резьбошлифование	0,05...0,5	0,2...0,6	
Зубошлифование	0,16...1,25		0,1...0,2

chipmaker.ru

1.33. Режимы правки карандашами МААС эльборовых кругов на керамической связке

Зернистость алмазов карандаша	Черновая правка		Чистовая правка	
	Подача			
	продольная, м/мин	поперечная, мм/ход	продольная, м/мин	поперечная, мм/ход
АСК 500/400	—	0,05	0,2...0,4	0,003
				0,005
АСК 400/315	0,3...0,5	0,04		0,003
				0,005
АСК 315/250	-	0,03		0,003
				0,005

1.7. ПОДГОТОВКА АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА К УСТАНОВКЕ НА СТАНОК

Возникающие вследствие неуравновешенности круга динамические силы уменьшают срок службы шлифовального станка. Неуравновешенная центробежная сила вызывает вибрацию шпинделя станка, в связи с чем ухудшается качество шлифуемой поверхности.

Дисбаланс шлифовальных кругов снижают балансировкой. Круги, диаметр которых не достигает 100 мм, балансируют непосредственно на станке путем вращения вхолостую в течение 5...10 мин и последующей правки. Круги диаметром более 100 мм балансируют статически и затем динамически.

Балансировку следует производить в тех же крепежных фланцах, которые применяют при работе на станке. Крепежные фланцы должны иметь кольцевые выточки с размещенными в них сухариками, легко передвигающимися по выточке с целью уравновешивания круга. Для статической балансировки шлифовальных кругов применяют балансировочные стенды, основной рабочей частью которых являются две направляющие, имеющие формы ножей, призм, цилиндрических валиков (рис. 1.5, *а*) или дисков (рис. 1.5, *б*). Ножи устанавливаются параллельно в одной горизонтальной плоскости. Статическая балансировка может осуществляться и на балансировочных весах. Для динамической балансировки применяют балансировочные станки типов ДБ10, 9715.

При статической балансировке шлифовальный круг с планшайбой надевают на оправку и устанавливают на направляющие стенда (см. рис. 1.5) так, чтобы круг находился посередине между ними. При наличии неуравновешенности тяжелая часть круга перемещается в нижнее положение. Для компенсации дисбаланса в верхнюю часть кольцевой канавки, имеющейся на торце планшайбы, устанавливают сухарь и фиксируют его стопорным винтом. Затем поворачивают круг на 90° и, если он снова повернется, операцию повторяют, устанавливая дополнительные противовесы.

Обычно новые круги подвергают двукратной балансировке в сборе с фланцами. После предварительной балансировки круг устанавливают на шлифовальный станок, предварительно правят и снова снимают для окончательной балансировки.

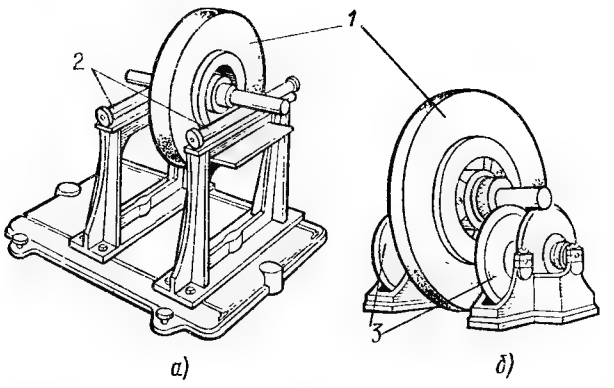


Рис. 1.5. Стенды для балансировки шлифовальных кругов: *а* – с двумя гладкими цилиндрическими валиками, *б* — с вращающимися дисками; *1* - шлифовальные круги, *2* — валики, *3* диски

Для контроля правильности балансировки на круг устанавливают груз с допустимой неуравновешенной массой (табл. 1.34). Соответствующий класс точ-

1.34. Допустимые неуравновешенные массы (г) круга

Масса груза, кг	Класс точности балансировки			
	1	2	3	4
От 0,2 до 0,25	2,5	4	6	12
Свыше 0,25 » 0,3	2,5	4,5	7	14
» 0,3 » 0,4	3	5	7,5	15
» 0,4 » 0,5	3,5	5,5	9	17
» 0,5 » 0,63	4	6	10	20
» 0,63 » 0,8	4,5	7	11	22
» 0,8 » 1	5	7,5	12	25
» 1 » 1,25	5,5	9	14	27
» 1,25 » 1,6	6	10	15	30
» 1,6 » 2	7	11	17	35
» 2 » 2,5	7,5	12	20	40
» 2,5 » 3	9	14	22	45
» 3 » 4	10	15	25	50
» 4 » 5	11	17	27	55
» 5 » 6,3	12	20	30	60
» 6,3 » 8	14	22	35	70
» 8 » 10	15	25	40	75

Примечание. Допустимые неуравновешенные массы увеличиваются на 20% для отрезных кругов на вулканитовой связке и армированных на бакелитовой связке.

chipmaker.ru

ности балансировки будет достигнут, если под действием этого груза круг либо останется в покое, либо будет медленно поворачиваться. При этом допустимая неуравновешенность должна определяться с погрешностью, не превышающей указанной в табл. 1.35.

1.35. Погрешность измерения (г) допустимой неуравновешенной массы

Масса груза, кг	Класс точности балансировки			
	1	2	3	4
От 0,2 до 0,25	0,5	0,3	1,2	2,4
Свыше 0,25 » 0,3	0,5	0,9	1,4	2,8
» 0,3 » 0,4	0,6	1	1,5	3
» 0,4 » 0,5	0,7	1,1	1,8	3,5
» 0,5 » 0,63	0,8	1,2	2	4
» 0,63 » 0,8	0,9	1,4	2,2	4,5
» 0,8 » 1	1	1,5	2,4	5
» 1 » 1,25	1,1	1,8	2,8	5,5
» 1,25 » 1,6	1,2	2	3	6
» 1,6 » 2	1,4	2,2	4,5	7
» 2 » 2,5	1,5	2,4	4	8
» 2,5 » 3	1,8	2,8	4,5	9
» 3 » 4	2	3	5	10
» 4 » 5	2,2	3,5	5,5	11

Простоев станка, вызванных повторной балансировкой, можно избежать предварительной правкой круга на специальной установке вне станка (рис. 1.6). Подлежащий правке круг *2* в сборе с фланцами помещают на шпиндель бабки *3*. Тремя суппортами, несущими шлифовальные головки с правящими кругами

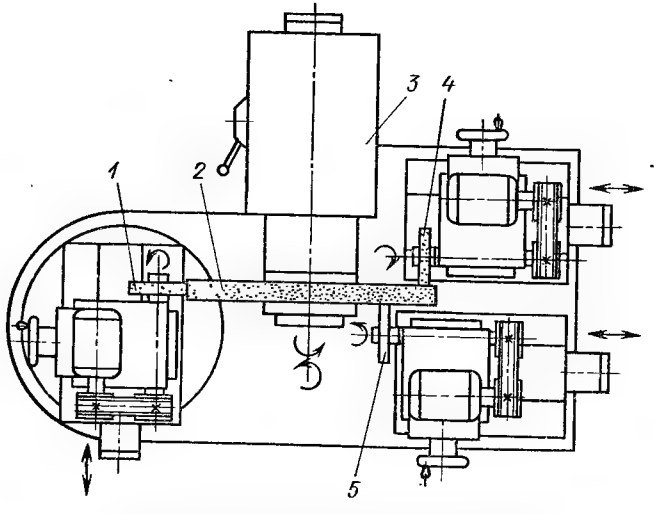


Рис. 1.6. Установка для предварительной правки шлифовальных кругов перед балансировкой

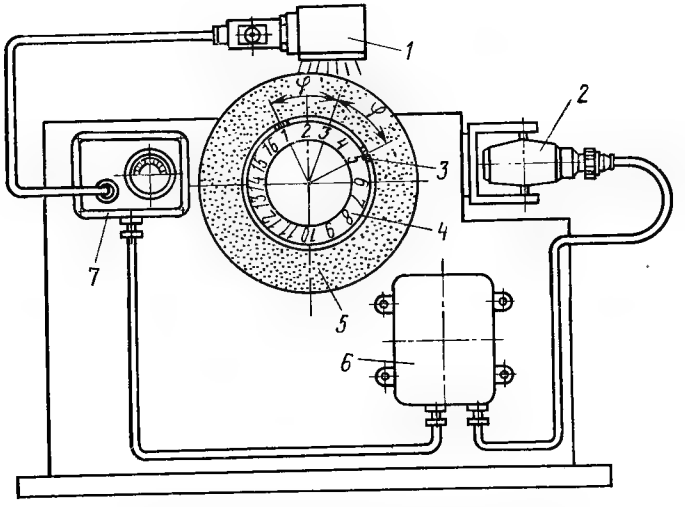


Рис. 1.7. Схема балансировки шлифовальных кругов с помощью стробоскопического прибора

1, *4* и *5* из карбида кремния, круг правится по периферии и двум торцам. Бабка *3* имеет поворотные салазки для правки конических поверхностей. Для установки фланцев разных конструкций служит набор переходных втулок. Головки представляют собой автономные узлы с индивидуальными электроприводами.

Дисбаланс, появляющийся вследствие неоднородности кругов по мере уменьшения их диаметров, устраняют балансировкой на ходу непосредственно на шлифовальном станке.

Наиболее универсальным является способ статической балансировки в динамическом режиме с помощью стробоскопического прибора (рис. 1.7). Измерительный датчик (преобразователь) *2*, установленный на наиболее чувствительном узле шлифовальной бабки, воспринимает вибрации, вызванные неуравновешенностью круга, преобразует их в электрические сигналы и передает в электронный блок *6*, где они фильтруются, усиливаются и передаются в стробоскопическую лампу *1*, которая периодически синхронно с колебаниями включается и освещает наиболее легкий участок вращающегося круга *5*. На зажимном фланце имеется цифровое табло *4*. Стробоскопический эффект создает видимость неподвижности круга и позволяет по цифровому табло определить расположение его наиболее легкого участка, а стрелка на приборе *7* указывает числовое значение дисбаланса. Последний устраняют поворотом сухарей *3*.

chipmaker.ru

2. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНКОВ

Металлорежущие станки в зависимости от вида обработки делят на десять групп, а каждую группу — на десять типов. В свою очередь, типы станков подразделяют на типоразмеры — по размерам станков или обрабатываемых заготовок (деталей).

Условное обозначение (модель) станка представляет собой сочетание трех-четырех цифр и букв. Первая цифра соответствует номеру группы, вторая — номеру типа, последние одна-две цифры — типоразмеру. В тех случаях, когда необходимо указать, что данная конструкция станка усовершенствована, в условное обозначение после первой цифры вводят букву (например, 3А64). Если буква находится в конце цифрового шифра, это означает, что на базе основной модели станка изготовлен станок с небольшими изменениями, предусматривающими дополнительную операцию (например, 3А64М).

По степени специализации металлорежущие станки подразделяют на три вида — универсальные (общего назначения), специализированные, служащие для обработки определенных заготовок (деталей), и специальные, предназначенные для обработки конкретной заготовки (детали) и выполнения строго определенной операции, например шлифования шатунных шеек коленчатого вала. Эти станки обозначают индексом из одной или двух букв и порядковым номером модели.

Группа станков с абразивным инструментом обозначена цифрой 3 (первая цифра в обозначении модели). Вторая цифра указывает тип станка: 1 — круглошлифовальные; 2 — внутришлифовальные; 3 — обдирочно-шлифовальные; 4 — специализированные шлифовальные для обработки валов; 5 — не применяется; 6 — заточные; 7 — плоскошлифовальные; 8 — притирочные и доводочные; 9 — разные станки с применением абразивного инструмента.

В зависимости от точности все станки делят на пять классов — нормальной (Н), повышенной (П), высокой (В), особо высокой (А) точности и особо точные (С) станки. Шлифовальные станки выпускают преимущественно классов точности П, В, А и С.

Станки с программным управлением имеют дополнительную индексацию в конце условного обозначения: буква Ц вводится в случае циклового программного управления, а буква Ф — числового. Буква Ф сопровождается цифрами: 1 — для станков с цифровой индикацией положения, а также для станков с цифровой индикацией и предварительным ручным набором координат; 2 — для станков с позиционными системами ЧПУ; 3 — для станков с контурными системами ЧПУ; 4 — для станков с комбинированной системой ЧПУ.

2.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Круглошлифовальные станки. К этому типу шлифовальных станков относятся универсальные круглошлифовальные станки, круглошлифовальные и торцекруглошлифовальные полуавтоматы, а также специализированные круглошлифовальные станки.

Универсальные круглошлифовальные станки, отличающиеся высоким уровнем прецизионности и универсальности, предназначены для наружного и внутреннего шлифования цилиндрических и конических поверхностей, а также шлифования торцов круглых заготовок (деталей). Обработка, которая ведется в центрах, патроне или цанге, обеспечивает высокую размерную и геометрическую точность, а также минимальную шероховатость шлифуемых поверхностей.

Станки оснащены откидным внутришлифовальным шпинделем. Для шлифования конических поверхностей предусмотрена возможность поворота шлифовальной и передней бабок и стола. Большинство станков имеет механизмы широкого регулирования режимов шлифования и средства автоматизации рабочих движений стола и шлифовальной бабки. Предусмотрена возможность использования приборов активного контроля.

Универсальные круглошлифовальные станки применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также в прецизионном машиностроении. Технологические характеристики основных моделей этих станков приведены в табл. 2.1.

Круглошлифовальные полуавтоматы предназначены для продольного и врезного шлифования наружных цилиндрических и конических поверхностей с малым углом конусности. Полуавтоматы оснащены средствами автоматизации рабочего цикла шлифования, правки и компенсации износа круга, визуального и активного контроля, балансировки круга на ходу и др. Предусмотрено бесступенчатое изменение поперечных и продольных подач, а также частоты вращения заготовки.

Круглошлифовальные полуавтоматы применяют в условиях серийного и массового производства. Технологические характеристики приведены в табл. 2.2.

Торцекруглошлифовальные полуавтоматы предназначены для одновременного врезного шлифования цилиндрической поверхности и торца бурта в автоматическом цикле обработки до упора или с прибором активного контроля. Они характеризуются высокой степенью автоматизации и механизации основных и вспомогательных движений. Для обеспечения снятия припуска на шейке и торце с кратностью 2:1 шлифовальная бабка повернута на угол 26°34′. Торцекруглошлифовальные полуавтоматы применяют в условиях серийного и массового производства. Технологические характеристики основных моделей этих станков приведены в табл. 2.2.

К специализированным круглошлифовальным станкам относятся станки, которые при специальных наладках обеспечивают выполнение определенной операции (например, шлифования фаски клапана, шлифования и перешлифовывания шеек коленчатых валов), копировально-шлифовальные станки, предназначенные для обработки кулачков распределительных валов, и др.

К числу специализированных следует отнести и электрохимические станки для алмазно- и абразивно-электрохимического шлифования наружных и внутренних цилиндрических и конических поверхностей, а также торцовых поверхностей заготовок из твердого сплава и других труднообрабатываемых материалов.

Бесцентрово-шлифовальные станки выпускают в виде бесцентрово-шлифовальных полуавтоматов и автоматов, а также бесцентрово-доводочных полуавтоматов.

Бесцентрово-шлифовальные полуавтоматы (мод. 3180,

2.1. Технологические характеристики универсальных круглошлифовальных станков

Основные технологические параметры	3У10А; 3У10В *; 3У10С **	3А110В	3У12А; 3У12В *	3Е-12	3У131; 3У131В *	3У142; 3У142В *	3У153; 3У155 *
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм: диаметр	100	140	200	120	280	400	560
длина	160	200	500	450	700	1000	1400; 2800 *
Наибольшие размеры шлифуемой поверхности, мм: диаметр в люнете	—				60	80	120
» без люнета	15	30	60		280	400	560
» отверстия	40; 25 **	25	50	40	100	—	
длина отверстия	50; 30 **	50	100	—	125		
Высота центров над столом, мм	80	115	125	120	185	240	310
Класс точности станка	А; В *; С **	В	А; В *	А	П; В *		П
Отклонения, мкм: от цилиндричности	1,2; 2 *; 0,8 **	3	1,2; 3*	1,2	—		
от круглости	0,4; 0,6 *; 0,3 **	1	0,6; 1 *	0,6			
от плоскостности торцовой поверхности	3; 4 *; 2 **	5	5 *	—			

Продолжение табл. 2.1

Основные технологические параметры	3У10А; 3У10В *; 3У10С **	3А110В	3У12А; 3У12В *	3Е-12	3У131; 3У131В *	3У142; 3У142В *	3У153; 3У155 *
Шероховатость поверхности *Ra*, мкм: цилиндрической наружной	0,08; 0,16 * 0,04 **	0,16	0,08; 0,16 *	0,08	0,16; 0,08 *		0,32
цилиндрической внутренней	0,016; 0,32 *; 0,08 **	0,32	0,16; 0,32 *	0,16	0,32; 0,16 *		0,63
плоской торцовой	0,32; 0,63 *; 0,16 **	0,63	0,32; 0,63 *	0,32	0,63; 0,32 *		1,25
Размеры шлифовального круга, мм	250×20×76	250×25×76	400×40×203	350×40×127	600×50×305	600×63×306	600×80×305
Окружная скорость круга (наибольшая), м/с	35	35; 50	35; (35; 42; 50) *	35	50; 35 *	35	35; 50
Мощность привода шлифовальной бабки, кВт	1,1	2,2	4; 5,5 *	3	5,5	7,5	11

Примечание. Звездочками отмечены только те цифровые данные, которые отличаются от данных, соответствующих другим моделям станков. По такому же принципу составлены табл. 2.2 ... 2.7.

chipmaker.ru

chipmaker.ru

2.2. Технологические характеристики круглошлифовальных и торцекруглошлифовальных полуавтоматов

Основные технологические параметры	Круглошлифовальные				Торцекруглошлифовальные	
	3М151, 3М151Е; 3М151В *	3М152; 3М152В *	3М161Д; 3М161Е *; 3М162 **	3М163В; 3М164 *	3Т153Е; 3Б153Т *	3Т160; 3Т161Е
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм: диаметр	200		280		140, 200 *	280
длина	700	1000	700	–	500	700
Наибольшие размеры шлифуемых поверхностей, мм: диаметр в люнете	60				—	80
» без люнета	200		280		50	280
длина	50	1000	1000; 130 *	1400; 2000 *	65	130
Высота центров над столом, мм	125		160		90; 120 *	160
Класс точности станка	П; В *		П	П *; В	П	
Отклонение, мкм: от круглости	2	2	1 ... 3	—		
от конусности	—		2 ... 3			
Шероховатость поверхности *Ra*, мм: цилиндрической	0,63...0,16		0,63...0,32			0,63
торцовой	—					1,25
Размеры шлифовального круга, мм	600×80×305		750×130×305; 750×80×305	750×80×305	500×63×305	750×130×305
Окружная скорость круга (наибольшая), м/с	50					
Мощность привода шлифовальной бабки, кВт	10		17; 18,5 *	13, 17 *	7,5	17

2.3. Технологические характеристики бесцентрово-шлифовальных и бесцентрово-доводочных полуавтоматов

Основные технологические параметры	Бесцентрово-шлифовальные				Бесцентрово-доводочные
	3Д180	3М-182; 3М-182А *; 3Ш-182 **	3Ш-184И *; 3М-184И **; 3М-184А ***	3М-185 *; 3М-185И **; 3Ш-185 ***	3Ш-182Д; 3Ш-184Д *
Размеры обрабатываемой заготовки, мм: наибольший диаметр	12	35	80	160	25; 80 *
наименьший »	0,2	0,8	10	8 *; 10	0,8
наименьший диаметр при врезном шлифовании	1	2,5	3		
наибольшая длина при сквозном шлифовании	60	170; 290 **	250	320	290; 540 *
наибольшая длина при врезном шлифовании	35	95; 290 **	540 *; 145	195 *; 245 **; 800 ***	290; 540 *
Класс точности станка	В	В; А *	П *; В **; А ***	В; П ***	—
Отклонение от круглости, мкм	0,8	1; 0,6 *; 1,6 **	1,2 *; 2 **; 0,8 ***	1,6	1; 1,2 *
Погрешность диаметра в продольном сечении, мкм	1,2	1,6; 1 *; 2,5 **	2 *; 3 **; 1,2 ***	2,5	1,6; 2 *
Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	0,16	0,16 ... 0,125; 0,08 ... 0,63 *; 0,16 **	0,32 *; 0,16 **; 0,08 ... 0,063 ***	0,32	0,08; 0,16 *

chipmaker.ru

Продолжение табл. 2.3

Основные технологические параметры	Бесцентрово-шлифовальные				Бесцентрово-доводочные
	3Д180	3М-182; 3М-182А *; 3Ш-182 **	3Ш-184И *; 3М-184И **; 3М-184А ***	3М-185 *; 3М-185И **; 3Ш-185 ***	3Ш-182Д; 3Ш-184Д *
Размеры кругов, мм: шлифовального	150×40×65	350×100×203; 350×800×203 **	500×350×305 *; 500×150×305	600×250×305; 600×800×305 ***	350×300×203; 500×550×305 *
ведущего	150×40×65	250×100×127; 250×300×127 **	350×550×203 *; 350×150×203	350×300×203; 350×800×203 ***	250×300×127; 350×550×203 *
Окружная скорость круга, м/с	35			35; 60 **	11; 14; 19; 27
Мощность электропривода круга, кВт	1,5	7,5; 5,5 *; 15 **	60; 35 ***	55 *; 30 **; 11 ***	22 *; 40 **; 50 ***

3182, 3183, 3184, 3185 и их модификации) предназначены для шлифования гладких ступенчатых, конических и фасонных цилиндрических поверхностей методом сквозного и врезного шлифования. Врезанием шлифуют цилиндрические заготовки с буртами и выступами, а также конические и фасонные поверхности. Шлифованию подвергают заготовки из чугуна, стали, цветных металлов и неметаллических материалов (стекло, текстолит, пластмассы и др.) до и после термообработки. Полуавтоматы могут быть встроены в поточные и автоматические линии.

Технологические характеристики основных моделей бесцентрово-шлифовальных полуавтоматов приведены в табл. 2.3.

Бесцентрово - шлифовальные автоматы главным образом используют в подшипниковой промышленности для шлифования беговой дорожки колец на неподвижных (жестких) опорах (3А475, 3А484, 3А485 и др.), а также для автоматического сквозного шлифования колец, втулок, поршней (МЕ468С1, Л287С1 и др.).

Бесцентрово - доводочные полуавтоматы (3Ш-182Д и 3Ш-184Д) предназначены для сквозной и врезной доводки гладких, ступенчатых, конических и фасонных поверхностей. На этих станках достигаются высокая точность и минимальная шероховатость обрабатываемой поверхности.

Основные модели бесцентрово-доводочных полуавтоматов и их технологические характеристики приведены в табл. 2.3.

Внутришлифовальные станки. К этому типу шлифовальных станков относятся универсальные станки, автоматы и специальные бесцентрово-внутришлифовальные.

Универсальные внутришлифовальные станки (3К225, 3К227, 3К228, 3К229) предназначены для шлифования цилиндрических, конических, глухих и сквозных отверстий. Они имеют шпиндель, позволяющий шлифовать наружный торец заготовки за один установ с обработкой отверстия. Передняя бабка может поворачиваться на угол 45° для шлифования конических поверхностей.

Технологические характеристики основных моделей универсальных внутришлифовальных станков приведены в табл. 2.4.

2.4. Технологические характеристики универсальных внутришлифовальных станков

Основные технологические параметры	3К225В; 3К225А *	3К227В; 3К227А *	3К228В; 3К228А *	3К229В; 3К229А *
Размеры обрабатываемых заготовок и поверхностей, мм: наибольший диаметр устанавливаемой заготовки	200	400	560	800
наибольший диаметр заготовки, устанавливаемой в кожухе	100	250	400	630
наибольшая длина устанавливаемой заготовки при максимальном диаметре отверстия	50	125	200	320
диаметр шлифуемого отверстия	3 ... 25	5 ... 150; 20 ... 150 *	50 ... 200	100 ... 400
Постоянство диаметра отверстия в продольном сечении, мкм	3		4	
Отклонение от круглости, мкм	1	1,6	3; 1,5 *	
Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	0,32		0,32; 0,16 *	
Отклонения, мкм: от плоскостности	3	4	5; 3 *	
от перпендикулярности	5	6	8	
Класс точности станка	В; А *			Б; А *
Частота вращения внутришлифовальных шпинделей, тыс. об/мин	20 ... 40; 40 ... 100*	9; 12; 18; 22	4,5; 6; 9; 12	3,5; 4,5; 6

Внутришлифовальные автоматы и бесцентрово-внутришлифовальные станки предназначены для обработки колец в подшипниковой промышленности.

Плоскошлифовальные станки. К этому типу шлифовальных станков относятся следующие: с горизонтальным шпинделем и крестовым столом (инструментального типа); с горизонтальным либо вертикальным шпинделем и прямоугольным столом (общего назначения); с горизонтальным шпинделем и круглым магнитным столом; с вертикальным шпинделем и выдвижным либо невыдвижным круглым столом; с вертикальным шпинделем и круглым столом (непрерывного действия); продоль-

chipmaker.ru

ношлифовальные одностоечные с подвижным столом и подвижной стойкой; продольношлифовальные двухстоечные; двусторонние торцешлифовальные с горизонтальным шпинделем; двусторонние торцешлифовальные с вертикальным шпинделем.

Плоскошлифовальные станки с горизонтальным шпинделем и крестовым столом предназначены для шлифования поверхностей периферией круга. В пределах, допускаемых кожухом круга, возможно шлифование торцовых поверхностей. Предусмотрено 14 моделей станков этой гаммы (из них три — для профильного шлифования и шесть — с ЧПУ), различающихся классом точности и размерами обрабатываемых заготовок. Применяют их в основном в инстументальном производстве.

Плоскошлифовальные станки с прямоугольным столом (общего назначения) выпускают с горизонтальным или вертикальным шпинделем. По сравнению со станками с крестовым столом станки этой группы имеют повышенную жесткость, оснащены шлифовальными кругами бо́льших размеров с электродвигателями большей мощности. Кроме того, они обеспечивают более высокую производительность, однако точность обработки на них несколько ниже.

По степени автоматизации станки этого типа выпускают в двух исполнениях: неавтоматизированные и полуавтоматы с приборами активного контроля. Гамма этих станков включает десять моделей с горизонтальным шпинделем, являющихся базовыми (из них три — с ЧПУ), и восемь моделей с вертикальным шпинделем (из них одна — с ЧПУ).

Плоскошлифовальные станки с горизонтальным шпинделем и круглым магнитным столом выпускают как неавтоматизированными, так и в виде полуавтоматов. Стол выполняют наклонным, что позволяет шлифовать плоские, выпуклые, вогнутые и конические поверхности. Особенностью конструкции является автоматическое регулирование частоты вращения и скорости перемещения стола по мере изменения расстояния от центра его вращения до оси круга — это увеличивает производительность и повышает качество обработки.

Плоскошлифовальные станки с вертикальным шпинделем и круглым столом имеют три разновидности: с выдвижным столом; с невыдвижным столом; непрерывного действия. Выдвижные столы станков гаммы 3Д изготовляют ∅ 400 ...1250 мм. Станки непрерывного действия выпускают в двухшпиндельном исполнении. Обработку на них производят за один оборот стола. Шлифовальные круги установлены на разной высоте, что позволяет осуществлять за один оборот стола обдирочное и чистовое шлифование. Станки этого типа оснащают как электромагнитной, так и чугунной плитой.

Двусторонние торцешлифовальные станки выпускают в двух модификациях — с горизонтальным или вертикальным шпинделем. Автомат — переналаживаемый, имеет механизм автоматизированной правки и компенсации износа круга, может быть использован в автоматических или поточных линиях.

Плоскошлифовальные станки для электрохимического шлифования выпускают в трех модификациях: с прямоугольным столом, горизонтальным шпинделем и устройством ЧПУ; профилешлифовальный с устройством ЧПУ для профилирования шлифовального круга; с круглым столом и вертикальным шпинделем. Технологические характеристики наиболее часто применяемых моделей плоскошлифовальных станков приведены в табл. 2.5 ... 2.7.

2.5. Технологические характеристики плоскошлифовальных станков с крестовым столом и горизонтальным шпинделем

Основные технологические параметры	3Е710А; 3Е710В-1 *	3Е711В; 3Е711В-1 *	3Е711ЕВ-1 (с проектором)	3Е711ВФ-1; 3Е711АФ-1 * (с цифровой индикацией)	3Е721ВФ-1; 3Е721ВФ3-1 * (с ЧПУ)
Габаритные размеры обрабатываемой заготовки, мм	400×125×320; 250×125×200 *	630×200×320; 400×200×320 *	220×200	630×200×320	630×320×400; 600×320×320 *
Размеры рабочей поверхности стола, мм	400×125; 250×125 *	630×200; 400×200 *	400×200	630×200	630×320
Размеры шлифовального круга, мм	200×32×76; 200×25×32 *	250×40×76			300×63×127; 400×63×127 *
Наибольшее расстояние от оси шпинделя до стола, мм	420; 300 *	445	265	445	550
Наибольшее перемещение стола, мм: продольное	490; 200 *	700; 490 *	250	700; 250 *	700; 710 *
поперечное	170; 160 *	250; 225 *	260	250	395; 390 *
вертикальное	200 *		320	—	400 *
Класс точности станка	А; В *		В	В; А *	В
Отклонение, мкм: от плоскостности	2; 3 *	4	2	4; 2,5 *	5; 1,6 *
от параллельности					5
от перпендикулярности	1,5	2	—	1,5	2; 1,4 *
Шероховатость Ra, мкм	0,08; 0,16 *	0,63; 0,16 *	0,63	0,16; 0,08 *	0,16; 0,63 *
Скорость круга, м/с	35	35	25	35	35
Мощность привода, кВт	4; 1,5 *	4	2,2	5,5	7,5

chipmaker.ru

2.6. Технологические характеристики плоскошлифовальных станков с прямоугольным столом

Основные технологические параметры	Шпиндель	
	горизонтальный	вертикальный
	Модель станка	
	3Д722; 3А722 *; 3Е722 **	3Д732; 3Д733 *
Габаритные размеры обрабатываемой заготовки, мм:		
без электромагнитной плиты	320×1250×400	800×320×400; 1000×400×400 *
на электромагнитной плите	320×1250×280	800×320×280; 1000×400×280 *
Размеры рабочей поверхности стола, мм	320×1600; 320×1250 **	320×800; 400×1000 *
Размеры шлифовального круга, мм	450×80×203	К400×125×305; (5С 100×85×32) *
Наибольшее перемещение стола, мм:		
продольное	1260	300; 1520 *
поперечное	410	—
вертикальное	415	400
Класс точности станка	П; А *	П
Отклонения, мкм:		
от плоскостности	3	8
от параллельности	3	10
Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	0,63; 0,2 *	1,25; 0,2 *
Окружная скорость круга, м/с	70	35; 30 *
Мощность привода круга, кВт	15; 11 *; 11,5/14,5 **	17; 22 *

2.7. Технологические характеристики плоскошлифовальных станков с круглым столом

Основные технологические параметры	Шпиндель		
	горизонтальный		вертикальный
	Модель станка		
	3Д740В *; 3П740ИВ **; 3А740А ***	3П741ИВ; 3Д741В *	3Д754; 3Д756 *
Наибольшие размеры обрабатываемой заготовки, мм:			
диаметр	400	800; 1000 *	400; 800 *
высота	40 *; 160	200	200; 350 *
Диаметр стола, мм	400	800; 1000 *	400; 800 *
Размеры шлифовального круга, мм	400×40×203	500×63×203	350×125×203; 500×100×400 *
Наибольшее продольное перемещение стола, мм	400; 235 **	560; 630 *	350; 530 *
Частота вращения стола, об/мин	15 ... 180	8 ... 96; 6,35 ... 78 *	10 ... 56; 5 ... 30 *

Продолжение табл. 2.7

Основные технологические параметры	Шпиндель		
	горизонтальный		вертикальный
	Модель станка		
	3Д740В *; 3П740ИВ **; 3А740А ***	3П741ИВ; 3Д741В *	3Д754; 3Д756 *
Окружная скорость круга, м/с	60		—
Класс точности станка	В; А ***	В	П
Отклонения, мкм:			
от плоскостности	5; 4 ***	7	16
от параллельности	5; 4 ***	7	16
Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	0,63; 0,32 ***	0,63	1,25
Мощность привода круга, кВт	11 *; 15 **; 7,5 ***	18,5; 15 *	15; 30 *

Шлицешлифовальные станки являются разновидностью плоскошлифовальных станков с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем. На этих станках в переднюю бабку встроен делительный механизм, а также механизм профильной правки и компенсации износа шлифовального круга. Обрабатываемую заготовку устанавливают в центрах передней и задней бабок, расположенных на столе станка; после каждого двойного хода стола делительный механизм поворачивает ее на один шлиц. Обработку дна и боковых сторон шлицевого паза можно производить одновременно либо раздельно, одним профильным кругом или набором кругов. На станке мод. 3В451ВФ20 обеспечиваются автоматическое деление на один шлиц за каждый двойной ход, автоматическая вертикальная подача круга за каждый оборот заготовки, автоматическая правка круга или правка с копочным управлением.

3. ОБРАБОТКА НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

3.1. МЕТОДЫ ШЛИФОВАНИЯ

Осциллирующее шлифование является более универсальным, чем врезное (не требует специальной наладки, одним шлифовальным кругом можно обрабатывать поверхности разной длины). При этом методе шлифования круг изнашивается более равномерно и не оказывает заметного влияния на цилиндричность шлифуемой поверхности, поэтому возможно применение более мягких кругов, работающих в режиме самозатачивания, не требующих частой правки и обладающих повышенной режущей способностью. Осциллирующим шлифованием достигаются наименьшая шероховатость и лучшее качество шлифуемой поверхности, обеспечивается минимальное тепловыделение. Этот метод применяют для обработки цилиндрических поверхностей значительной длины (свыше 50 мм).

chipmaker.ru

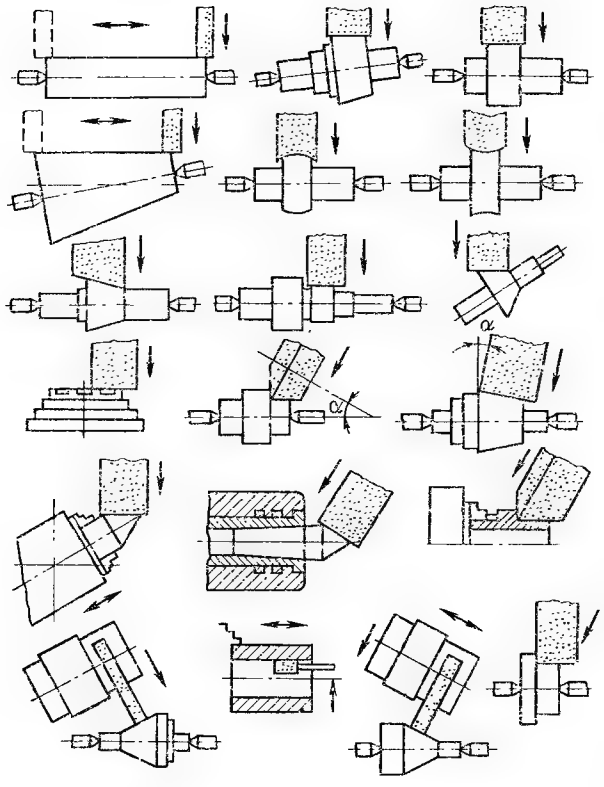


Рис. 3.1. Технологические возможности универсальных круглошлифовальных станков

Врезное шлифование обеспечивает одновременную обработку всей шлифуемой поверхности. Производительность такого шлифования выше, чем осциллирующего, однако оно требует применения более высоких кругов и станков повышенных мощности и жесткости.

Изнашивание круга непосредственно влияет на геометрическую точность шлифуемой поверхности, поэтому при врезном шлифовании выбирают круг повышенной твердости, который быстрее затупляется и требует более частой принудительной правки.

Этим методом шлифуют короткие шейки поверхностей, ограниченных буртами, ступенчатые и фасонные поверхности; используют его также при необходимости одновременной обработки шейки и торца.

Врезное шлифование наиболее целесообразно применять в условиях серийного и массового производства.

Технологические возможности универсальных круглошлифовальных станков показаны на рис. 3.1, а основные технологические операции, выполняемые на круглошлифовальных станках методами осциллирующего и врезного шлифования, приведены в табл. 3.1.

3.1. Основные операции, выполняемые на круглошлифовальных станках

Шлифование	Эскиз операции	Технологическая характеристика операции
Осциллирующее цилиндрических поверхностей в невращающихся центрах		Основной метод круглого шлифования, при котором достигается наивысшая геометрическая точность детали. При этом методе невозможна обработка всей длины заготовки за один установ, так как часть поверхности заготовки используется для крепления поводка. При шлифовании длинных и тонких заготовок необходима дополнительная опора в виде люнета
Осциллирующее с зажимом заготовки во вращающемся шпинделе передней бабки		Окончательная точность обработки зависит от состояния передней бабки и точности крепления заготовки в зажимном приспособлении. Для зажима может быть использован кулачковый или цанговый патрон. Короткие и жесткие заготовки можно зажимать лишь с одного конца; для более длинных требуется дополнительная опора – центр в задней бабке или люнет
Осциллирующее конических поверхностей		Шлифование осуществляется поворотом верхнего стола, несущего переднюю и заднюю бабки. Конусность ограничена максимальным углом поворота стола в обе стороны. Заготовку можно закреплять в неподвижных центрах или в зажимном приспособлении на вращающемся шпинделе передней бабки
Осциллирующее цилиндрической поверхности и торца		Шлифование применяют при обработке длинных цилиндрических поверхностей с прилегающим буртом для достижения перпендикулярности торца и цилиндрической поверхности. Вначале обрабатывают цилиндрический участок в размер, затем

chipmaker.ru

Шлифование	Эскиз операции	Технологическая характеристика операции
		стол вручную перемещают для шлифования торца бурта. При обработке торца кругу вручную сообщают быстрые возвратно-поступательные поперечные перемещения
Врезное цилиндрических поверхностей		Шлифование применяют для обработки поверхностей, длина которых не превышает высоты круга. Врезное шлифование более производительно, чем осциллирующее, но требует большей жесткости заготовки и опор. Уступает шлифованию напроход по достигаемому качеству обработанной поверхности. Повышенное изнашивание кромок круга требует более частой его правки во избежание получения шлифуемой поверхности с отклонениями от цилиндричности
Врезное конических поверхностей		Шлифование осуществляется поворотом передней бабки при консольном закреплении заготовки или поворотом шлифовальной бабки (на универсальных станках), при этом заготовка может крепиться в центрах. Длина шлифуемой поверхности (по образующей) ограничена высотой круга
Многокруговое врезное		Осуществляется одновременная обработка нескольких цилиндрических поверхностей. Общая длина шлифуемой поверхности не должна превышать максимальной высоты кругов, которые можно установить на шпиндель станка. Обеспечивается улучшение концентричности поверхностей и повышается производительность. Круги, установленные на шпинделе, могут либо соприкасаться торцами, либо разделяться прокладками. При шлифовании шеек раз-

Шлифование	Эскиз операции	Технологическая характеристика операции
		ных диаметров требуется специальное правящее устройство, обеспечивающее постоянное соотношение диаметров кругов в наборе
Совмещенное цилиндрических и торцовых поверхностей при угловой наладке		При установке бабки круга под углом к оси обрабатываемой заготовки шлифование осуществляется периферией и торцами круга одновременно, что позволяет совмещать обработку нескольких взаимно перпендикулярных поверхностей. Операцию выполняют на универсальных станках или в условиях массового производства на специальных угловых станках. Требуется специальное правящее устройство
Профильное врезное с профильной правкой круга		Круг правят по профилю, обратному профилю шлифуемой заготовки. Если образующая заготовки представляет собой элементарные дуги окружности (выпуклые или вогнутые), то соответствующее профилирование круга может быть обеспечено стандартным устройством для радиусной правки. При необходимости получения более сложного или составного профиля следует применять специальное устройство для правки круга по копиру
Врезное шеек коленчатых валов		Операции шлифования коренных и шатунных шеек, как правило, выполняют на специальных станках, оборудованных специальными устройствами для правки круга по периферии, радиусу и торцам, а также средствами осевой установки стола для обеспечения заданного расстояния между шейками вала. Коренные шейки шлифуют в центрах, а шатун-

chipmaker.ru

Продолжение табл. 3.1

Шлифование	Эскиз операции	Технологическая характеристика операции
		ные — в специальных патронах с базированием вала по крайним коренным шейкам
Врезное кулачков		На специальных круглошлифовальных станках столу сообщается качательное движение по копиру, профиль которого соответствует профилю шлифуемого кулачка
Осциллирующее внутреннее (в специальном приспособлении)		Принципиальная возможность обработки внутренней и наружной поверхностей за один установ позволяет повысить их концентричность (на универсальных круглошлифовальных станках)
Врезное плоское на вращающейся передней бабке станка		Плоское шлифование торца круглой заготовки периферией круга применяют в том случае, когда к плоскостности торцовой поверхности предъявлены повышенные требования или когда шлифовочные риски должны быть концентричны оси вращения заготовки. При необходимости такую операцию можно осуществить на универсальном круглошлифовальном станке, передняя бабка которого может поворачиваться на 90°. Если передняя бабка поворачивается на меньший угол, то, сочетая поворот с возвратно-поступательным движением стола и поперечной подачей круга, можно обрабатывать конические поверхности с широким варьированием угла конуса

3.2. РАБОЧИЙ ЦИКЛ ШЛИФОВАНИЯ

Обработку на круглошлифовальных станках выполняют методом, при котором за каждый оборот обрабатываемой заготовки снимается определенный припуск, называемый глубиной резания t. Эта величина не остается постоянной,

она изменяется на протяжении всей операции и определяет структуру рабочего цикла шлифования (рис. 3.2, *а*), основными этапами которого являются: быстрый подвод круга до касания с заготовкой (участок *АБ*); врезание круга в заготовку (участок *БВ*); снятие основной части припуска (участок *ВД*); выхаживание (участок *ДЕ*); быстрый отвод круга (участок *ЕЖ*).

Для перехода от быстрого подвода круга (2000...3000 мм/мин) к его врезанию (5...10 мм/мин) должна быть резко уменьшена скорость подачи круга. Во избежание удара при соприкосновении круга с заготовкой осуществляют промежуточное снижение скорости подачи круга или удлиняют участок врезания с началом касания после некоторой выдержки.

Этап врезания (участок *БВ*) характеризуется ускоренной поперечной подачей круга, вызывающей непрерывное нарастание глубины резания t. Из-за упру-

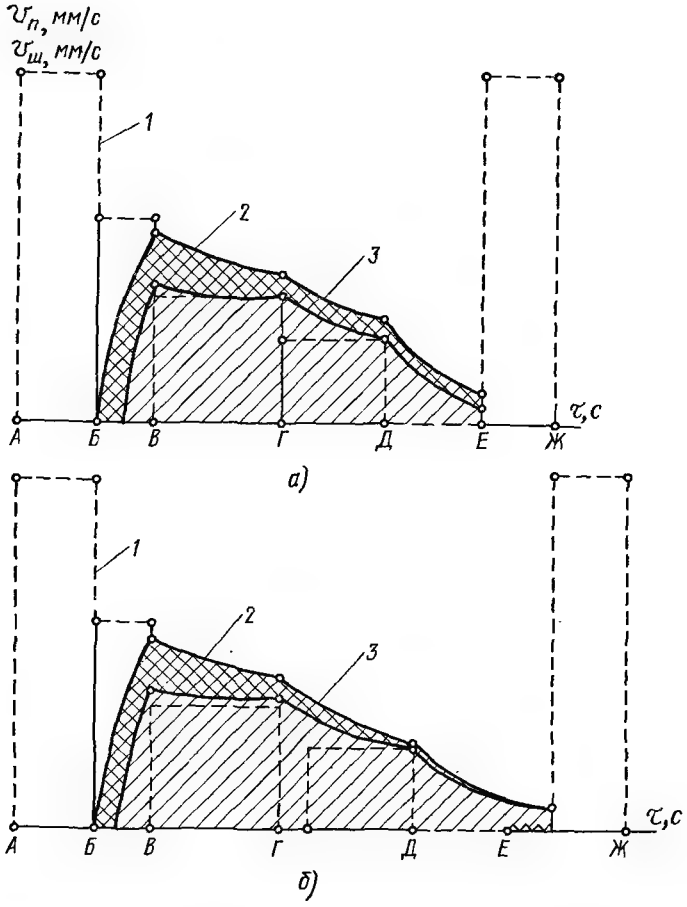


Рис. 3.2. Структуры рабочих циклов (*а*, *б*) шлифования:
$v_п$ — скорость поперечной подачи круга, $v_ш$ — скорость съема металла, τ — продолжительность этапа цикла

chipmaker.ru

гих отжатий и выборки зазоров в технологической системе станка фактический съем металла меньше соответствующего заданной поперечной подаче, но по мере нарастания натяга в системе это несоответствие снижается и непрерывно растет глубина резания t. Для уменьшения периода врезания применяют ускоренную подачу круга, в 4...5 раз превышающую черновую.

По достижении заданного максимального значения t поперечная подача круга замедляется и начинается этап основного съема припуска (участок *ВД*), который обычно разделяется на два участка: чернового (участок *ВГ*) и чистового (участок *ГД*) съемов с разными уровнями подачи круга. Снижение скорости подачи на участке *ГД* приводит к уменьшению глубины резания t, что способствует повышению геометрической и размерной точности шлифуемой поверхности. На последнем этапе выхаживания (участок *ДЕ*) поперечная подача круга прекращается, глубина резания быстро уменьшается, достигая минимального значения, и окончательно формируется качество шлифуемой поверхности. Таким образом, изменяя глубину срезаемого слоя, удается в пределах одной операции снимать неограниченный припуск, исправлять погрешности предшествующей обработки и получать поверхности, точность и шероховатость которых соответствуют требуемым.

В условиях серийного и массового производства, когда цикл шлифования автоматизирован, колебание припуска на обработку вызывает различные упругие отжатия в технологической системе и изменяет характер протекания рабочего цикла (рис. 3.2, *а*, кривые *2* и *3*), что приводит к разным остаточным натягам системы на этапе выхаживания и оказывает заметное влияние на конечные значения точности и шероховатости поверхности.

Для подобных условий обработки лучшие результаты обеспечивает цикл, показанный на рис. 3.2, *б* и отличающийся от предыдущего цикла тем, что в нем предусмотрена выдержка с остановкой шлифовальной бабки по окончании черновой подачи, а также введена дополнительная импульсная микроподача после выхаживания. Это способствует выравниванию упругих отжатий в конце обработки (кривые *2* и *3* сближаются), что позволяет осуществлять последний этап выхаживания в более или менее одинаковых условиях и получать детали, достаточно однородные по размерам, отклонениям формы, расположению поверхностей и состоянию поверхностного слоя. Таким образом, изменяя структуру рабочего цикла *1*, можно регулировать технологические возможности шлифовальной обработки.

3.3. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ КРУГЛОГО ШЛИФОВАНИЯ

К основным операциям относят обдирочное (черновое), предварительное, окончательное и тонкое шлифование.

Обдирочное (черновое) шлифование предусматривает обработку без предварительной токарной операции со снятием увеличенного (от 1 мм и более) припуска на диаметр. Эту операцию целесообразно выполнять в режимах силового и скоростного шлифования при $v_{кр}$=50...60 м/с. В отличие от токарной обработки обдирочное шлифование обеспечивает более высокую точность (8...9-го квалитетов) и более низкую шероховатость поверхности (Ra=2,5...5 мкм), не требует последующего предварительного шлифования. Его

применение целесообразно при наличии точных заготовок или заготовок, плохо обрабатываемых лезвийным инструментом.

Предварительное шлифование обычно выполняют после токарной обработки с повышенной скоростью резания ($v_{кр}$=40...60 м/с). Осуществляют его до термообработки для создания базовых поверхностей или в качестве промежуточной операции для подготовки поверхности к окончательной обработке. Предварительным шлифованием достигается точность, соответствующая 6...9-му квалитетам, и шероховатость поверхности Ra=1,2...2,5 мкм.

Окончательное шлифование позволяет получать поверхности точностью, соответствующей 5...6-му квалитетам, и шероховатостью Ra=0,2...1,2 мкм Наиболее часто эту операцию выполняют при скорости $v_{кр}$=35...40 м/с.

Тонкое шлифование применяют главным образом для получения поверхности шероховатостью Ra=0,025...0,1 мкм. Оно требует очень хорошей предварительной подготовки, так как снимаемый припуск не превышает 0,05...0,1 мм на диаметр. Выполнение тонкого шлифования возможно только при наличии прецизионного станка и специальных кругов. Его применение экономически целесообразно лишь в условиях единичного и мелкосерийного производства. В массовом производстве низкая шероховатость поверхности более производительно и надежно достигается на суперфинишных и полировальных станках.

Совмещение предварительного и окончательного шлифования целесообразно при наличии станка, работающего в автоматическом цикле, с принудительной автоматической правкой круга и возможностью широкого автоматического регулирования режимов шлифования. В качестве примера можно привести шлифование шатунных шеек коленчатого вала, где на одной операции снимается припуск до 1...1,5 мм на диаметр; при этом устраняется исходная погрешность формы с 0,3...0,5 мм до 10 мкм, уменьшается шероховатость поверхности с Rz=80 мкм до Ra=0,4 мкм и повышается размерная точность от 0,2...0,3 мм до 25 мкм.

В целях расширения технологических возможностей шлифования в ряде случаев целесообразно формировать рабочий цикл не только за счет распределения припуска и поперечных подач, но также варьированием частот вращения шлифовального круга и обрабатываемой заготовки на этапах чернового и чистового шлифования. Примером эффективности подобного цикла может служить обработка заготовок кулачков распределительного вала. При профильном шлифовании во избежание искажения профиля кулачка максимальная частота вращения заготовки ограничивается 45 об/мин. В свою очередь, такое замедленное вращение заготовки вынуждает ограничивать окружную скорость круга (она не должна превышать 35 м/с) и уменьшать поперечную подачу, чтобы не вызвать шлифовочных прижогов и снижения твердости кулачков. В новых станках на этапе чернового съема металла частота вращения заготовки увеличена до 90 об/мин, а скорость круга — до 60 м/с, благодаря чему значительно возросла поперечная подача и сократилось время снятия основного припуска. При переходе на этапы чистового съема и выхаживания, где окончательно формируются профиль и качество рабочей поверхности кулачка, частоту вращения заготовки и скорость круга уменьшают в 2 раза.

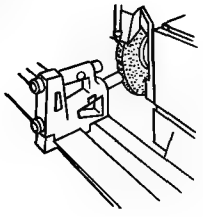
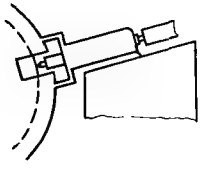
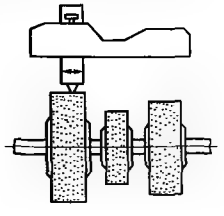
Одновременное регулирование нескольких параметров резания в пределах одного рабочего цикла открывает новые возможности повышения производительности и совмещения предварительной и прецизионной обработки на одном станке.

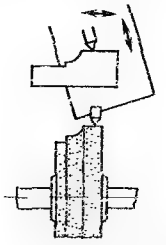
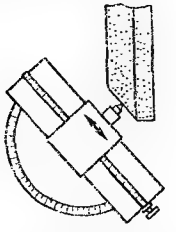
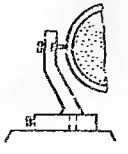
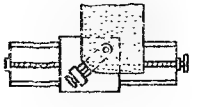
chipmaker.ru

3.4. ПРАВКА И ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

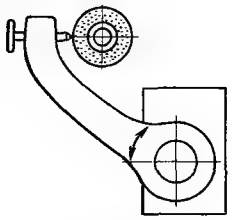
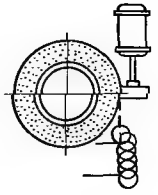
С целью выполнения самых разнообразных шлифовальных работ шлифовальные круги подвергают правке и профилированию непосредственно на круглошлифовальном станке, пользуясь различными методами (табл. 3.2).

3.2. Методы правки и профилирования кругов на круглошлифовальных станках

Метод и схема правки, профилирования	Характеристика метода и область применения
Правка инструментом, расположенным на столе станка 	Наиболее простой и широко применяемый метод правки с использованием возвратно-поступательного движения стола для продольной подачи алмазного инструмента вдоль образующей шлифовального круга. Оправка с алмазным инструментом может быть установлена на заднюю бабку или стол станка
Правка инструментом, расположенным на шлифовальной бабке 	Применение метода предпочтительно в условиях массового производства, так как обеспечивается сохранение осевого положения обрабатываемой заготовки по отношению к шлифовальному кругу. Правящее устройство имеет автономную каретку и гидропривод продольного хода с бесступенчатым регулированием скорости хода. Подачу алмазного инстумента на врезание осуществляют вручную или механически с заданной глубиной резания. Устройство обеспечивает автоматическую компенсацию износа круга
Правка нескольких кругов с применением копирной линейки 	Копирная правка нескольких кругов различного диаметра, примыкающих друг к другу или разобщенных нешлифуемыми участками, осуществляется одним алмазным инструментом. Может быть использовано несколько алмазных инструментов, расположенных на одной каретке, для одновременной правки нескольких кругов

Метод и схема правки, профилирования	Характеристика метода и область применения
Правка одного круга по копиру 	Устройство, смонтированное на бабке шлифовального круга, обеспечивает фасонную правку последнего по копиру. Контурный щуп прижимается к копиру усилием пружины или гидравлически и перемещается по контуру копиров линейки от гидропривода с бесступенчатым регулированием скорости продольного хода. Салазки правящего устройства могут перемещаться параллельно оси заготовки или под углом к ней, чтобы обеспечить оптимальный угол подъема щупа при его перемещении по контуру копира
Правка под углом инструментом, расположенным на столе станка 	Метод предназначен для применения в условиях единичного производства. Алмазный инструмент перемещают вручную. Каретка может разворачиваться на угол до 90° в обе стороны. Возможность фиксирования угла поворота каретки позволяет править круг последовательно под двумя разными углами
Правка по радиусу инструментом, расположенным на столе станка 	Державка с алмазным инструментом закреплена в поворотном кронштейне, установленном на столе станка. Перемещением державки с инструментом можно регулировать радиус. Изменяя положение инструмента по отношению к оси вращения поворотного кронштейна, можно получить выпуклую или вогнутую форму круга
Правка галтелей по радиусу 	Правка предназначена для получения выпуклой или вогнутой формы круга и образования с обеих его сторон плавных переходов от скругления к прямой. Устройство для правки обычно устанавливают на стойку, закрепленную на столе станка

chipmaker.ru

Метод и схема правки, профилирования	Характеристика метода и область применения
Правка при внутреннем шлифовании 	Для осуществления внутреннего шлифования на круглошлифовальных станках необходимо специальное правящее устройство, которое должно отводиться по пути движения круга после правки. Эти устройства конструируют так, чтобы линия контакта алмазного инструмента с кругом совпадала с центром контакта круга и обрабатываемого отверстия. Предварительная настройка по индикатору положения вершины алмаза инструмента позволяет обеспечить требуемый диаметр шлифуемого отверстия размерной правкой круга
Правка алмазным роликом 	Правку алмазным роликом с индивидуальным электроприводом вращения можно выполнять на круглошлифовальных станках вместо любой правки единичным алмазным инструментом. Она осуществляется с помощью специального устройства для правки, монтируемого на шлифовальной бабке станка и имеющего каретку для продольного перемещения. Врезной правкой профильным алмазным роликом можно также профилировать круг по всей его высоте. Метод эффективен в условиях массового производства

Припуски на шлифование устанавливают в зависимости от исходных погрешностей геометрической формы и расположения обрабатываемой поверхности, от ее исходной размерной точности и шероховатости, а также в зависимости от требований к качеству обрабатываемой поверхности на данной операции шлифования.

Общие рекомендации по выбору припусков для операций предварительного и окончательного шлифования приведены в табл. 3.3.

3.3. Припуски (мм) на круглое шлифование в центрах

Диаметр заготовки, мм	Длина заготовки, мм					
	До 100	100...300	300...500	500...700	700...1300	1300...2000
6...10	0,25/0,3	0,3/0,35	0,35/04	—	—	
10...18	0,3/0,35	0,35/0,4	0,4/0,45			
18...30	0,35/0,4	0,4/0,45	0,45/0,5			
30...50	0,4/0,4	0,45/0,45	0,5/0,5	0,55/0,55	0,6/0,6	
50...80	0,45/0,45	0,5/0,5	0,55/0,55	0,6/0,6	0,65/0,7	0,7/0,75
80...120	0,5/0,6	0,55/0,65	0,6/0,7	0,65/0,75	0,7/0,8	0,75/0,85
120...180	0,6/0,65	0,6/0,7	0,65/0,75	0,7/0,8	0,75/0,85	0,8/0,9

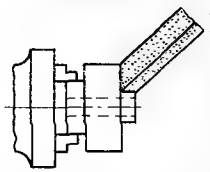
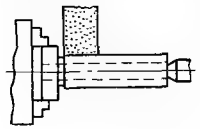
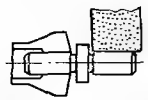
Диаметр заготовки, мм	Длина заготовки, мм					
	До 100	100...300	300...500	500...700	700...1300	1300...2000
180...260	0,7/0,8	0,7/0,8	0,7/0,85	0,75/0,85	0,8/0,9	0,85/0,95
260...300	0,8/0,85	0,8/0,85	0,8/0,9	0,85/0,95	0,9/1	0,95/1,05

Примечание. В числителе указан припуск для незакаленных заготовок, в знаменателе — для закаленных.

3.5. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКИ

Основные способы установки и крепления заготовок, обрабатываемых на круглошлифовальных станках, приведены в табл. 3.4.

3.4. Способы установки и крепления обрабатываемой заготовки при круглом шлифовании

Способ крепления	Характеристика способа и области применения
В центрах	Расположение и форма центровых отверстий в заготовке влияют на результаты шлифования. При шлифовании торцов с обеих сторон заготовки привод вращения может быть осуществлен через центры
В патроне 	Заготовки, которые не могут быть обработаны в центрах (преимущественно короткие или имеющие отверстия), закрепляются в трех-, четырехкулачковом или мембранном патроне с наружным либо внутренним зажимом. Имеется доступ для обработки торца или отверстия. При небольших партиях заготовок применяют ручной зажим, в условиях массового производства — механический, а чаще — пневматический
В патроне с дополнительной опорой 	Дополнительные опоры для обработки длинных и тонких заготовок включают заднюю бабку с центром или трехопорный люнет для освобождения второго конца заготовки с целью обработки торца либо шлифования отверстия
В цанге 	Способ обеспечивает быстродействие, хорошее центрирование. Использование цангового зажима может быть надежным при условии, если колебание размера зажимаемой поверхности не будет превышать установленного допуска разжима цанги. Возможны типы цанг с установкой по наружному или внутреннему диаметру с ручным и механическим зажимом

chipmaker.ru

Продолжение табл. 3.4

Способ крепления	Характеристика способа и области применения
В приспособлении	Если заготовки имеют необычную конфигурацию или ось шлифуемой поверхности не совпадает с осью заготовки, необходимо приспособление, обеспечивающее правильные установку и крепление (например, при шлифовании заготовок шатунных шеек коленчатого вала)
На оправках	Цилиндрические заготовки со сквозным отверстием могут шлифоваться на оправке, зажатой в центрах. Обеспечивается хорошая концентричность наружного диаметра и отверстия. Оправки могут быть цилиндрическими с зажимом по торцу, с небольшим конусом или разжимного типа
На жестких опорах (башмаках)	Способ используют при обработке коротких заготовок типа колец, где важно обеспечение концентричности шлифуемой и опорной поверхностей. Вращение заготовки осуществляется приводом от магнитного патрона, закрепленного на передней бабке станка. Этот способ обеспечивает минимальные погрешности и деформации при установке и креплении заготовки

Установка заготовки в центрах. Этот способ является наиболее простым и распространенным. Большое влияние на точность и качество шлифования оказывает состояние центров станка и центровых отверстий заготовки. Точность установки заготовки при обработке зависит от точности формы и расположения упорных центров станка и несущих поверхностей центровых отверстий заготовки (или оправки). Опорная коническая поверхность центровых отверстий должна точно соответствовать конусу на центрах станка (рис. 3.3, *а*). При некруглой форме центровых отверстий или неправильном угле конуса заготовка не получает достаточной опоры и, смещаясь под действием сил шлифования, копирует погрешность центровых отверстий.

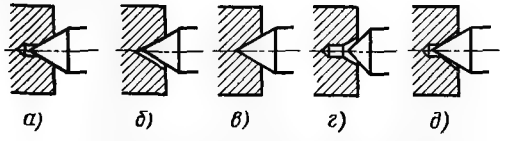


Рис. 3.3. Установка заготовки в центрах:
а – правильная, *б* ... *д* – неправильная

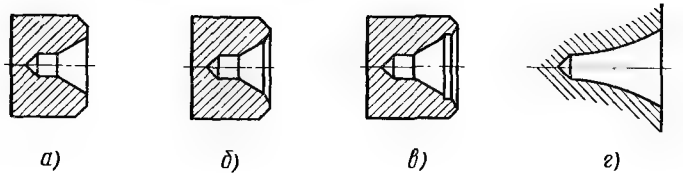


Рис. 3.4. Формы (*а* ... *г*) центровых отверстий

На точность установки влияет точность совпадения углов конусов центровых отверстий заготовки и центров станка. Если угол конуса центра станка превышает угол конуса несущей поверхности центрового отверстия, контакт между ними происходит по наибольшему диаметру несущего конуса, в обратном случае — по наименьшему. Несовмещение осей конусов вызывает неполное прилегание несущих поверхностей центровых отверстий заготовки к упорным центрам станка, что вызывает неравномерное изнашивание центровых отверстий (рис. 3.3, *б*...*д*). Несовмещение упорных центров станка в горизонтальной плоскости, а также их отклонения от параллельности горизонтальной плоскости и направлению перемещения стола приводят к возникновению конусности обрабатываемой поверхности. Эти же погрешности в вертикальной плоскости вызывают вогнутость обрабатываемой поверхности. По ГОСТ 14034—74 предусмотрены центровые отверстия с прямолинейной образующей несущего конуса и без предохранительного конуса (рис. 3.4, *а*), а также с наличием последнего (рис. 3.4, *б*). В случае повышенных требований к точности обработки центровые отверстия должны иметь цилиндрическую выточку (рис. 3.4, *в*). При таких центровых отверстиях случайная забоина на торцовой поверхности деформирует только поверхность предохранительной выточки, тогда как при фаске под углом 120° деформация металла может затронуть базу центрового отверстия.

Применяя центровые отверстия с прямолинейной образующей несущей поверхности, трудно обеспечить точное сопряжение их конусов с центрами станка, что ведет к снижению точности обработки. Поэтому в соответствии с ГОСТ 14034 – 74 используют также центровые отверстия с выпуклой дугообразной образующей несущего конуса (рис. 3.4, *г*), к преимуществам которых относятся нечувствительность к угловым погрешностям, лучшее удерживание смазочного материала, снижение погрешностей и повышение точности обработки.

Грибковые (тупые) центры применяют при обработке полых заготовок с внутренним диаметром более 15 мм и центровыми отверстиями в форме фаски. Заготовки сплошные и полые с отверстием диаметром менее 15 мм обрабатывают с применением острых центров. При неподвижных центрах обеспечивается более высокая точность шлифования, поэтому на вращающихся центрах обрабатывают только тяжелые заготовки и заготовки с отверстиями, имеющими узкие центровые фаски. Для уменьшения изнашивания центры изготовляют твердосплавными.

Установка заготовки на оправке для шлифования в центрах. Заготовки с точными базовыми отверстиями (допуск 0,015...0,03 мм) шлифуют на оправках с прессовой посадкой, если же этот допуск превышает 0,03 мм — на разжимных оправках. В случае базирования по отверстию и торцу применяют оправки со скользящей посадкой (зазор 0,01...0,02 мм) и упором в торец. Чтобы повысить точность обработки по соосности, используют оправки с небольшой конусностью (0,01...0,015 мм на 100 мм длины). Оправки подразделяют на жесткие, разжим-

chipmaker.ru

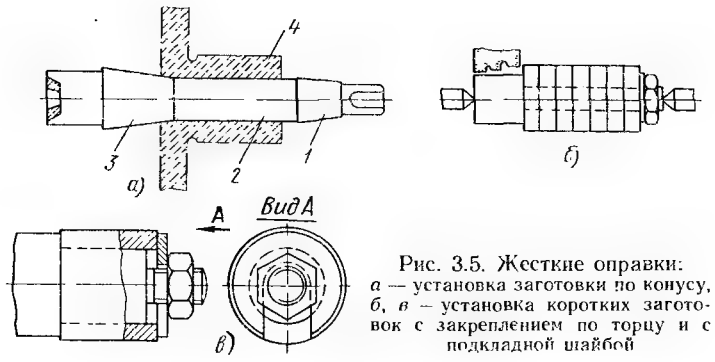


Рис. 3.5. Жесткие оправки:
а — установка заготовки по конусу, *б*, *в* — установка коротких заготовок с закреплением по торцу и с подкладной шайбой

ные, с раздвижными элементами (раздвижные), с гидравлическим и гидропластовым разжимом.

Жесткие оправки показаны на рис. 3.5. Заготовку *4* надевают на оправку со стороны приемного конуса *1*, продвигают ее по цилиндрической части *2* и заклинивают на конусе *3*, для чего ударяют левым торцом оправки о деревянную подкладку (рис. 3.5, *а*). Если отверстие заготовки неточно, ее закрепляют по торцу.

При обработке коротких заготовок их на одну оправку можно насадить несколько (рис. 3.5, *б*), закрепив гайкой. Если диаметр гайки меньше диаметра отверстия обрабатываемых заготовок, под нее подкладывают разрезную шайбу (рис. 3.5, *в*). Для освобождения готовой детали слегка ослабляют гайку, затем удаляют шайбу, а деталь снимают с оправки через гайку. У таких оправок резьбу выполняют с крупным шагом.

Конусность оправки зависит от длины заготовки: чем длиннее отверстие, тем меньшей должна быть конусность оправки, и наоборот (это облегчает закрепление заготовки и снятие детали). В целях сокращения вспомогательного времени при работе используют две оправки: в то время как на одной ведется обработка, на другой закрепляют заготовки.

Разжимные оправки применяют при обработке тонкостенных заготовок, так как использование жестких оправок может вызвать искажение формы последних. В разжимной оправке (рис. 3.6) цанга *2* с продольными прорезями, перемещаясь с помощью гайки *5* по конусу *3*, упруго разжимается и закрепляет заготовку *4*, удерживаемую от поворота штифтом *6*. Гайка *1* служит для отжатия при снятии детали.

Раздвижная оправка, применяемая при обработке коротких заготовок, показана на рис. 3.7. В сепараторе *3* имеется шесть отверстий с шариками *2* ∅ 6...10 мм, находящимися в контакте с конусом корпуса *1* оправки. Осевое перемещение сепаратора в оправке производят винтом *5* через скользящую втулку *4*, к которой прикреплен сепаратор. При перемещении и раздвижении шариков заготовка центрируется и одновременно поджимается к осевому упору. Для точного центрирования необходимо, чтобы шарики не отличались по диаметру больше чем на 2 мкм, а установочный и центрирующий конусы были соосны. На шариковых оправках можно зажимать заготовки с разницей в диаметре до 5 мм.

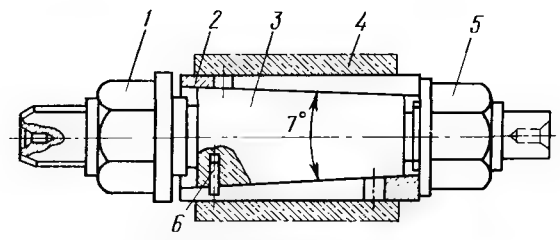


Рис. 3.6. Разжимная оправка

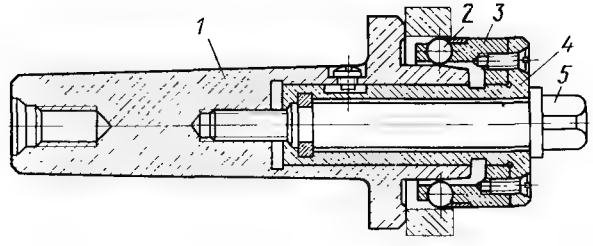


Рис. 3.7. Раздвижная оправка

Оправки с гидравлическим или гидропластовым разжимом служат для более легкого и точного центрирования заготовок с погрешностями формы. В таких оправках заготовка зажимается вследствие деформирования тонкостенного цилиндра, находящегося под равномерным давлением изнутри. Для создания давления используют жидкость или пластмассу (рис. 3.8). Оправки подразделяют на два типа — А и Б: первые применяют при обработке заготовок ∅ 20...40 мм, вторые — ∅>40 мм. На корпус оправки напрессованы втулка *2* и центрирующая втулка *4*, которая стопорится винтом *6*. Пространство между корпусом и втулкой заливают гидропластом *5*. Усилие зажима передается плунжером *3* через винт *1*. В оправках типа А есть отверстие для выхода воздуха, которое перекрывается прокладкой *8* и винтом *7*.

Точность центрирования оправки с гидропластом зависит от точности изготовления корпуса и втулки. Корпус изготовляют из стали 20Х с последующей цементацией и закалкой до твердости HRC, 55...58. Шероховатость поверхности центровых отверстий оправки должна быть не выше Ra=0,63...0,32 мкм. Биение контрольных поясков и посадочного диаметра не должно превышать 2 мкм. Для оправок диаметром до 40 мм втулку изготовляют из стали 40Х с последующей закалкой до твердости HRC,35...40, для оправок диаметром свыше 40 мм — из стали У7 с закалкой до твердости HRC,33...35. Окончательно оправку шлифуют после заливки гидропласта с небольшим поджатием его плунжером *3*. Корпус оправки может одновременно служить и поводком, который заменяет хомутик.

Поводковые хомутики. Вращение заготовке передается от поводковой планшайбы станка хомутиком, который закрепляют на заготовке винтом и гаечным ключом. Для уменьшения времени на закрепление (открепление) применяют

chipmaker.ru

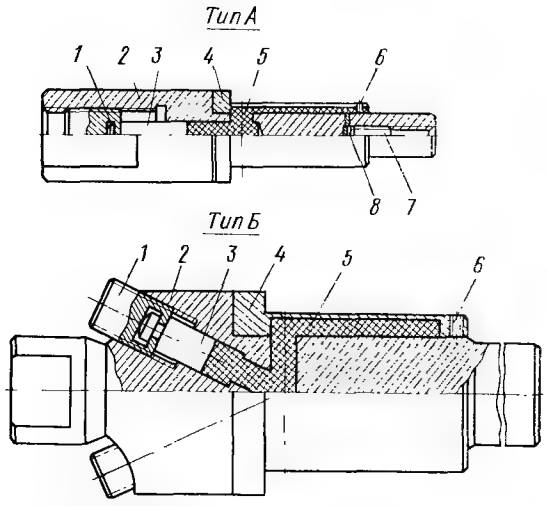


Рис. 3.8. Оправка с гидропластовым разжимом

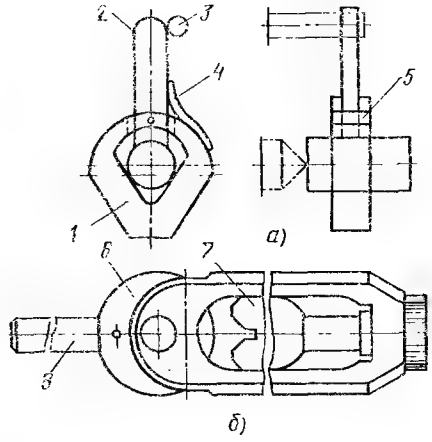


Рис. 3.9. Самозажимный (*а*) и эксцентриковый (*б*) хомутики

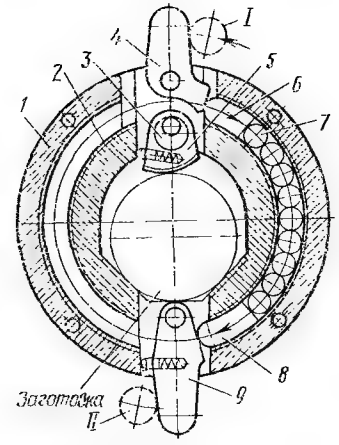


Рис. 3.10. Хомутик с двуплечим поводком

самозажимные хомутики (рис. 3.9, *а*). В корпусе *1* хомутика заготовка зажимается рычагом *2*, заклинивающий конец которого выполнен в виде эксцентрика с мелкой насечкой на рабочей поверхности. Рычаг поворачивается вокруг оси *5*, поджимается к поверхности заготовки плоской пружиной *4* и под давлением поводкового пальца *3* станка заклинивает и вращает заготовку.

Регулируемый эксцентриковый хомутик (рис. 3.9, *б*) в ряде случаев заменяет набор хомутиков и сокращает время на зажим (разжим) заготовок. В корпусе хомутика находится передвижная призма *7*, перемещаемая винтом и устанавливаемая в соответствии с диаметром обрабатываемой заготовки. Зажим заготовки осуществляется эксцентриковым кулачком *6*, размещенным с другой стороны хомутика и поворачивающимся с помощью рычага *8*.

Приведенные выше конструкции поводковых хомутиков имеют одноплечие поводки. Геометрическая форма заготовки в поперечном сечении искажается под действием давления между поводком и хомутиком. В результате переменных отжатий при обработке форма поперечного сечения готовой детали имеет отклонение от круглости.

Для устранения этой погрешности при выполнении работ, требующих повышенной точности, применяют хомутики с двуплечими поводками (рис. 3.10). Хомутик состоит из корпуса *2*, крышки *1*, хвостовиков *4* и *9*, нажимных сухарей *6* и *8* и шариков *7*, помещенных в кольцевом зазоре между корпусом и крышкой. Эксцентрик *5*, установленный на кривошипе *3*, служит для зажима заготовки, которая центрируется призмой в корпусе *2*. При повороте кривошипа *3* эксцентрик *5* поднимается или опускается, что дает возможность использовать один и тот же хомутик для обработки заготовок разного диаметра. После установки заготовки с надетым на нее хомутиком в центрах планшайба станка приводится во вращение. Поводковый палец *I* планшайбы давит на хвостовик *4*, который передает усилие сухарю *6*, шарикам *7*, сухарю

8 и хвостовику *9*. Хвостовик прижимается к поводковому пальцу *II*. Таким образом, окружное усилие P_o делится на равные части между обоими хвостовиками, и в каждый момент времени горизонтальные составляющие взаимно уравновешиваются, так как они направлены в противоположные стороны и равны между собой. Более компактной является конструкция двуплечего хомутика гидравлического давления.

Патроны. Для привода вала на центровых круглошлифовальных станках применяют самозажимные патроны плавающего типа (рис. 3.11). При зажиме заготовка под действием центра задней бабки перемещается и упирается в концы рычагов *3*. Планшайба *2*, несущая три рычага *3* и три кулачка *6*, перемещается влево, сжимая пружины *8*. Одновременно рычаги *3* начинают поворачиваться на осях *4* и сухарями *5* смещают кулачки *6* к центру до тех пор, пока они не зажмут заготовку. Смещение планшайбы в радиальном направлении, необходимое для надежного закрепления заготовки всеми кулачками, обеспечивается за счет зазора между планшайбой и направляющими винтами *9*. После зажима заготовки кулачками поворот рычагов прекращается и при дальнейшем движении заднего центра заготовка досылается до переднего центра *7*. При движении центра задней бабки вправо обработанная заготовка выталкивается под действием пружин, рычаги *3* верхними плечами упираются в крышку *1* и поворачиваются против часовой стрелки, при этом кулачки *6* перемещаются от центра и освобождают готовую деталь. Усилие трех пружин *8* обеспечивает перемещение детали в осевом направлении вправо на 10...15 мм от передней плоскости кулачков.

Патрон с роликовым зажимом служит для закрепления цилиндрических заготовок по наружной поверхности (рис. 3.12). Корпус *1* патрона имеет фланец с центрирующим пояском *15* и отверстиями *14* для крепления станка к планшайбе. В рабочей части патрона, имеющей наружную коническую поверхность *2*, расположено строго концентричное с пояском *15* отверстие *4*,

chipmaker.ru

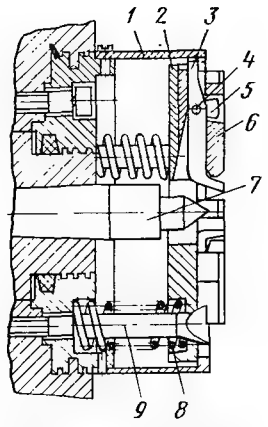


Рис. 3.11. Самозажимный патрон плавающего типа

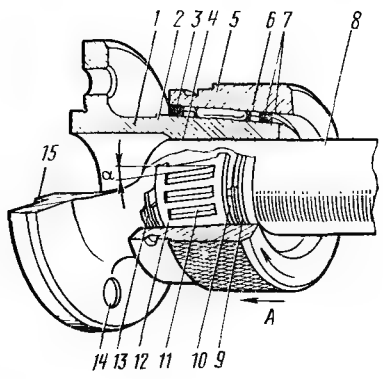


Рис. 3.12. Патрон с роликовым зажимом

в которое вставляется обрабатываемая заготовка *8*. Зажимное кольцо *5* расточено на конус *6* в соответствии с конусностью корпуса. Между корпусом *1* и зажимным кольцом *5* находится сепаратор *12* с роликами *11*, расположенными под небольшим углом к оси патрона. Для предохранения роликов от грязи и жидкости с обеих сторон сепаратора предусмотрены фетровые кольца *10*, удерживаемые металлическими разрезными кольцами *3*, *7*, *9* и *13*. Эти же кольца, между которыми заключен (с некоторым зазором) сепаратор, препятствуют самопроизвольному снятию зажимного кольца *5*.

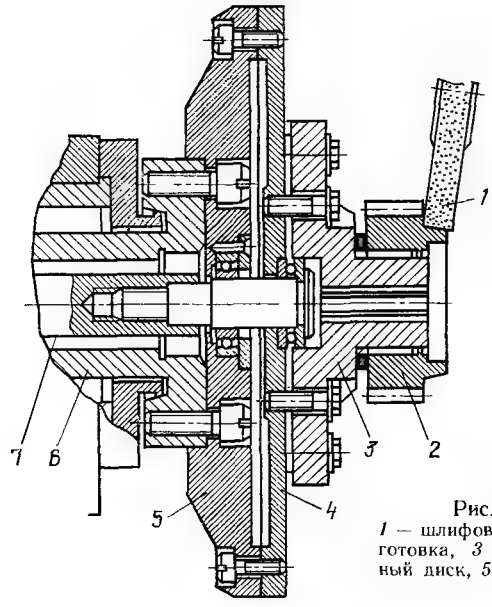
Мембранный патрон (рис. 3.13) обеспечивает высокую точность обработки по диаметру и концентричности. На планшайбе *5* закреплен мембранный диск *4* с кулачками *3*. При движении штока *7* назад мембранный диск прогибается и кулачки сближаются. После установки обрабатываемой заготовки *2* на кулачки *3* шток возвращается в исходное положение, и за счет упругости мембранного диска кулачки зажимают заготовку.

Патрон с зажимом по торцу целесообразно применять при одновременном шлифовании наружной поверхности и торца заготовки, когда необходимо обеспечить заданный линейный размер от торца до базовой поверхности. Обрабатываемая заготовка устанавливается по отверстию и зажимается по торцу.

На рис. 3.14 показан пример закрепления заготовки конической шестерни в патроне на операции одновременного шлифования шейки *1* и торца *2* с базированием по зубчатому венцу.

Люнеты. При обработке длинных и тонких заготовок для них нужна дополнительная опора. С этой целью применяют двух- и трехопорные люнеты. Двухопорный люнет устанавливают непосредственно в зоне шлифуемой поверхности, а трехопорный служит для создания центрирующей опоры по ранее шлифованной базирующей поверхности заготовки.

В двухопорном люнете (рис. 3.15) упоры *3* и *9* расположены по направлению действия горизонтальной и вертикальной составляющих силы шлифования. По мере уменьшения диаметра обрабатываемой шейки при шлифовании упоры непрерывно подводят до соприкосновения с ее поверхностью,



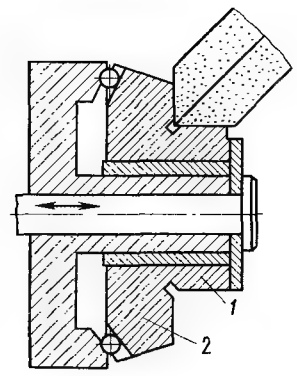


Рис. 3.14. Патрон с зажимом по торцу

Рис. 3.13. Мембранный патрон:
1 — шлифовальный круг, *2* — обрабатываемая заготовка, *3* — зажимные кулачки, *4* — мембранный диск, *5* — планшайба, *6* — шпиндель станка, *7* — шток

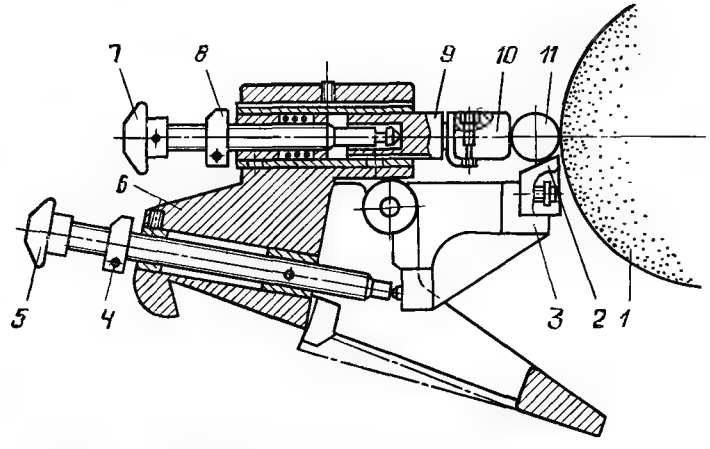


Рис. 3.15. Двухопорный люнет:
1 — шлифовальный круг, *2*, *10* — сменные колодки, *3*, *9* — упоры, *4*, *8* — ограничительные кольца, *5*, *7* — регулировочные винты, *6* — корпус люнета, *11* — обрабатываемая заготовка

сначала поджимая вертикальный упор *3*, а затем — горизонтальный *9*. С особой точностью регулируют горизонтальный упор, так как в основном от него зависит точность обработки. Чтобы в процессе регулирования избежать пережима обрабатываемого вала упорами, имеются ограничительные кольца *4* и *8*, устанавливаемые в соответствии с размером отшлифованной шейки и при после-

chipmaker.ru

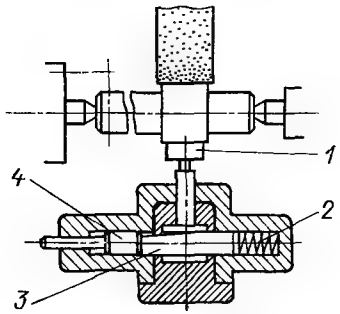


Рис. 3.16. Следящий люнет

дующем шлифовании однотипных заготовок ограничивающие перемещение упоров. Люнеты такой конструкции применяют в условиях единичного и серийного производства.

В массовом производстве используют следящие люнеты (рис. 3.16). По мере удаления припуска и уменьшения размера шейки упорные башмаки *1* автоматически следуют за обрабатываемой поверхностью под действием пружины *2* и клина *3*. Усилие поджима башмака *1* к шлифуемой шейке регулируется. В связи с малым углом конуса клиновой механизм замыкает кинематическую цепь и препятствует отжиму башмаков *1*. Отвод башмаков в исходное положение осуществляется штоком *4* гидропривода.

Следящий люнет предотвращает прогибание вала, обеспечивает постоянное положение геометрической оси независимо от съема, сокращает время настройки и позволяет автоматизировать процесс шлифования длинных валов. При выборе материала башмака (твердая древесина, бронза, твердый сплав и др.) нужно исходить из необходимости обеспечения высокой износостойкости и отсутствия царапин на шлифуемой поверхности. Придание башмаку слегка выпуклой формы исключает образование рисок, появление которых на обрабатываемых поверхностях возможно при наличии у башмака кромок. При обработке заготовок ∅25 мм на каждые 250 мм нужно устанавливать один люнет. С уменьшением диаметра и жесткости заготовки увеличивается число потребных люнетов.

Трехопорный люнет имеет три индивидуально регулируемые опоры, расположенные по вершинам равнобедренного треугольника. Верхняя опора смонтирована на шарнирной консоли и может раскрываться при установке заготовки или снятии детали. Такие люнеты чаще используют при обработке длинных заготовок, закрепленных только с одного конца и требующих дополнительной опоры, которая не может быть обеспечена центром задней бабки (например, когда заготовка с другой стороны не имеет центровочного гнезда или когда на конце вала должен быть доступ для шлифования торца или отверстия).

3.6. ИЗМЕРЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

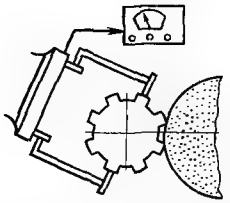
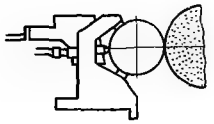
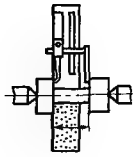
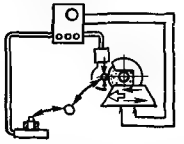
Основные средства измерения обрабатываемой поверхности на операциях круглого шлифования и их краткие характеристики указаны в табл. 3.5.

3.5. Средства измерения обрабатываемой поверхности при круглом шлифовании

Средство и схема измерения	Характеристика и область применения
Микрометр для измерения наружного диаметра	Микрометр является универсальным измерительным инструментом для определения линейных размеров контактным способом. При круглом шлифовании микрометры широко используют для измерения диаметра шлифуемой заготовки преимущественно в условиях мелкосерийного производства
Скобы-калибры фиксированного и индикаторного типов	Скоба фиксированного типа (жесткая), имеющая жесткие или регулируемые на заданный размер измерительные губки, дает информацию — «Проходит» или «Не проходит». Индикаторная скоба показывает реальный размер по сравнению с эталоном и позволяет управлять процессом в соответствии со снимаемым припуском. Жесткие и индикаторные скобы предпочтительно применять в условиях массового производства
Накидная индикаторная скоба	Накидную индикаторную скобу монтируют на специальном кронштейне, позволяющем набрасывать ее на шлифуемую поверхность и затем отводить в нерабочую зону. Для защиты от попадания шлифовального материала и охлаждающей жидкости, а также для облегчения чтения размера индикатор располагается выше зоны контакта шлифуемого круга с заготовкой. Чувствительные элементы скобы перемещаются к индикатору через рычажную систему. Скобу настраивают на заданный размер по эталону
Скоба для постоянного измерения шлифуемой поверхности	Чувствительные элементы скобы находятся в контакте с обрабатываемой поверхностью и дистанционно через усилитель передают сигналы на электронный измерительный прибор. Такие скобы часто используют в автоматических измерительных устройствах
Индикаторная скоба для измерения разобщенных шлифуемых поверхностей	Разобщенные поверхности (шлицевые валы, развертки, фрезы и др.) трудно измерять по диаметру, особенно при нечетном числе выступов. Для этой

chipmaker.ru

Продолжение табл. 3.5

Средство и схема измерения	Характеристика и область применения
	цели служат специальные измерительные средства, у которых ощупывающие элементы затормаживаются при переходе с выступа на впадину; они обладают большой чувствительностью, позволяющей очень быстро выполнять измерения выступов
Скоба для измерения шлифуемой шейки по хорде 	Метод основан на измерении текущего радиуса-вектора шлифуемой заготовки при базировании индикатора на скобе, контактирующей с заготовкой двумя неподвижными опорами, симметрично охватывающими участок обрабатываемой поверхности по хорде. Отклонение размера хорды от номинального переводится в размер диаметра. Этим методом пользуются также для измерения больших диаметров, когда невозможно применение стандартных микрометров
Устройство для осевой установки заготовки по шлифуемой торцовой поверхности (осевой локатор) 	При шлифовании торцов, переходных поверхностей и фасок необходима осевая установка заготовки по шлифовальному кругу. Если такую установку нельзя осуществить специальным приспособлением, ее выполняют (при продольном перемещении стола) с помощью измерительного средства, указывающего положение шлифуемой поверхности по отношению к режущей поверхности круга
Устройство для измерения двух сопрягаемых поверхностей при парном шлифовании 	Окончательно изготовленную деталь устанавливают в измерительное устройство, указывающее ее фактический размер и припуск, который необходимо снять с сопрягаемой с ней шлифуемой поверхности другой детали для обеспечения возможности сборки этой пары с заданным зазором

Трехконтактная индикаторная скоба (рис. 3.17, *а*) состоит из трех основных частей: масляного амортизатора *1*, индикаторной державки *4* и устанавливаемой в ней сменной скобы *7*. Неподвижные наконечники *6* и *8* сменной скобы — упорные; подвижный наконечник *5* воспринимает отклонения шлифуемой шейки *9* и передает их на индикатор *3*. Нижний упорный наконечник *8* касается заготовки не в диаметральной плоскости подвижного наконечника *5*, а в точке, смещен-

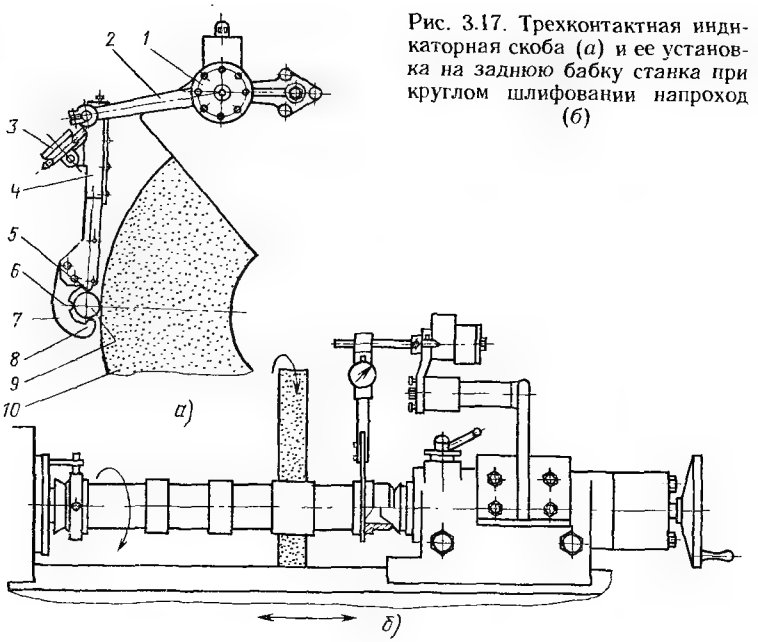


Рис. 3.17. Трехконтактная индикаторная скоба (*а*) и ее установка на заднюю бабку станка при круглом шлифовании напроход (*б*)

ной примерно на 15° в направлении вращения шлифуемой заготовки вала — это делает более надежной и устойчивой посадку всей индикаторной скобы на измеряемой шейке.

Шлифовальный круг *10* огражден защитным кожухом *2*.

Шарнирное соединение державки с амортизатором позволяет скобе следовать за любым перемещением заготовки при шлифовании и исключает погрешности измерения. Масляный амортизатор служит для плавного подъема и опускания индикаторной скобы, а также смягчения резких перемещений державки.

Амортизатор обычно укрепляют на защитном кожухе шлифовального круга. При шлифовании напроход заготовки вала со шпоночными канавками, срезами или выступающими шейками измерение проводят в одном сечении на гладкой части шейки, для чего амортизатор с индикаторной скобой укрепляют на столе или на одной из бабок станка и он перемещается вместе со шлифуемой заготовкой (рис. 3.17,*б*).

При обработке шеек разных диаметров методом врезного шлифования для измерений применяют быстросменные индикаторные скобы, каждую из которых настраивают на размер одной шейки. Обрабатываемые шлифованием поверхности заготовок валов со шлицами или шпоночными канавками могут быть измерены обычными трехконтактными индикаторными скобами, у которых рабочие поверхности опор должны иметь длину не менее двойного шага шлицев. При многокруговом шлифовании нескольких шеек индикаторные скобы устанавливают по двум крайним из них; требуемые размеры остальных шеек обеспечиваются автоматически без измерения.

chipmaker.ru

3.7. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Скоростное шлифование основано на повышении окружной скорости шлифовального круга до 60 м/с. На операциях со снятием большого припуска такое повышение скорости позволяет пропорционально увеличить минутный съем металла при сохранении стойкости круга и необходимой шероховатости шлифованной поверхности. На операциях окончательного шлифования, где важно улучшить качество обработки, повышение скорости круга не должно сопровождаться увеличением поперечной подачи (ростом минутного съема металла). В этом случае скоростное шлифование позволяет уменьшить шероховатость поверхности, повысить точность обработки за счет уменьшения силы резания и изнашивания круга, а также увеличить производительность за счет снижения числа правок круга, сокращения времени выхаживания и увеличения общей стойкости круга.

Примером скоростного шлифования является чистовое шлифование кольцевых канавок (рис. 3.18). Повышение окружной скорости круга с 35 до 60 м/с обеспечивает увеличение производительности в 2...3 раза, повышение стойкости круга и точности канавок.

Нарезание шлифованием кольцевых канавок на закаленном валу (HRC$_э$ 56...52) позволяет ликвидировать их предварительное протачивание, а также повысить точность и линейное расположение (рис. 3.19).

Обдирочное шлифование характеризуется увеличенной на один оборот шлифовального круга минутной поперечной или продольной подачей. Его применение эффективно при обдирке литья, поковок, абразивной отрезке, снятии обезуглероженного слоя с пруткового материала перед калибровкой, обработке плоских поверхностей корпусных чугунных отливок, удалении изношенных или выкрошенных участков режущего металлического инструмента (в отделениях заточки).

Часто обдирочное шлифование сопровождается одновременным повышением скорости круга до 50...80 м/с и более в целях увеличения интенсивности съема металла и уменьшения расхода кругов. Эффективность обдирочного шлифования с высокой скоростью резания очевидна на примере абразивной резки прутков на заготовки. Штанговый и прутковый материал ∅20...120 мм разрезают на шлифовально-отрезном станке мод. 8252; скорость круга составляет 80 м/с, его поперечная подача — 500...750 мм/мин.

При такой интенсивной подаче развиваются большие силы резания, способствующие активному самозатачиванию круга, уменьшается длительность теплового контакта круга с обрабатываемой поверхностью и, несмотря на то, что операцию выполняют без подвода охлаждающей жидкости, шлифовочных прижогов не наблюдается. Отрезные круги изготовляют из нормального электрокорунда зернистостью 50...63 на бакелитовой связке твердостью СТ3. Для увеличения прочности круги армируют стеклосеткой. Ранее, когда разделка прутков на заготовки выполнялась на отрезных круглопильных станках, для отрезки штанги ∅75 мм из быстрорежущей стали требовалось 8...11 мин. Абразивная же отрезка той же заготовки не превышает 13...14 с и, кроме того, снижается отход металла в стружку за счет уменьшения ширины разреза.

Глубинное шлифование предусматривает большие глубины резания, выполняемого при медленной («ползучей») подаче. Этот метод, при котором

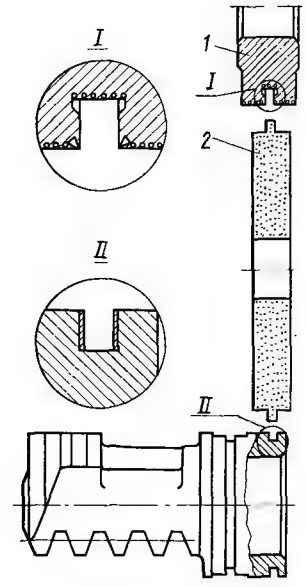
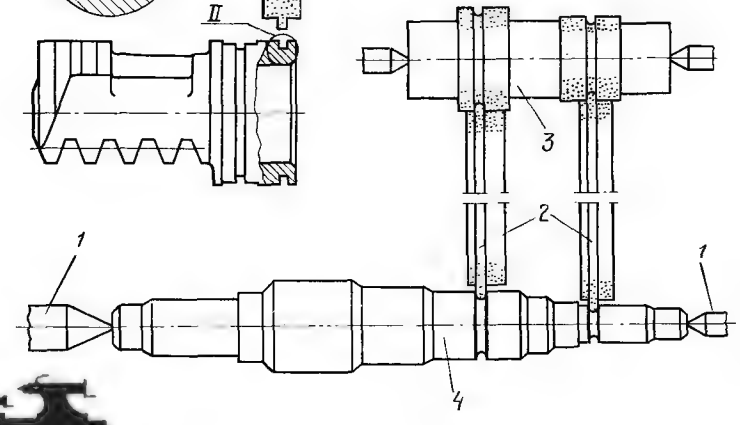


Рис. 3.18. Схема шлифования кольцевых канавок на поршне-рейке гидроусилителя руля автомобиля ЗИЛ-130 с правкой круга алмазным роликом:
1 - ролик, *2* — шлифовальный круг

Рис. 3.19. Схема нарезания шлифованием кольцевых канавок на вторичном валу коробки передач автомобиля ЗИЛ-130:
1 - центры заготовки, *2* — шлифовальные круги, *3* - правящий ролик, *4* - заготовка



Chipmaker.ru

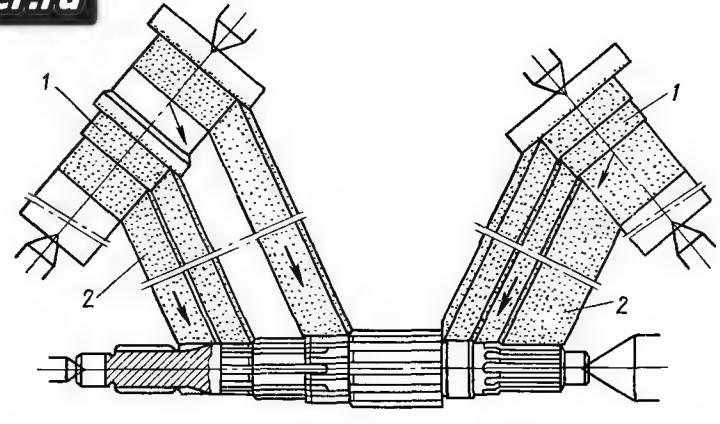


Рис. 3.20. Схема совмещенного шлифования вторичного вала коробки передач автомобиля ЗИЛ-130:
1 - ролики, *2* — шлифовальные круги

chipmaker.ru

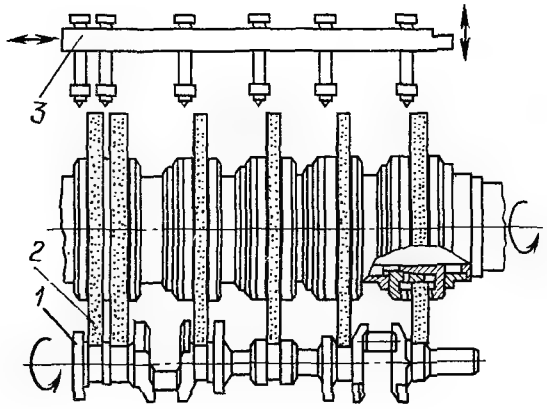


Рис. 3.21. Схема многокругового шлифования коренных шеек коленчатого вала:
1 – коленчатый вал, *2* – шлифовальный круг, *3* – устройство для правки шлифовальных кругов

на результаты обработки в значительно меньшей степени влияют исходные погрешности формы и колебания припуска, успешно применяют для шлифования заготовок без лезвийной обработки, а также для прорезания шлифованием канавок (например, спиральных на сверлах ∅4,5...10 мм) и пазов.

Совмещенное шлифование — это одновременная обработка нескольких поверхностей на одном станке. При совмещенном шлифовании близкорасположенных шеек (рис. 3.20) применяют высокие круги, обрабатывающие сразу несколько шеек; валы с далеко разнесенными шейками обрабатывают многокруговым шлифованием (рис. 3.21).

Этот метод позволяет значительно повысить производительность и точность взаимного расположения шлифуемых поверхностей. Так, при совмещенном шлифовании коренных шеек коленчатых валов обеспечивается соосность всех шеек в пределах 5 мкм, что в 3...4 раза точнее, чем при раздельном шлифовании. Применение совмещенного шлифования наиболее целесообразно в условиях массового производства.

3.8. НАЛАДКА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Наладку выполняют в указанной ниже последовательности.

1. Проверяют в наладочном режиме: работу смазочной системы; крепление круга и направление его вращения; продольную подачу устройства правки; окружную скорость круга и частоту вращения заготовки; цикл и значения подач в соответствии с картой наладки; работу системы охлаждения.

2. Налаживают узлы станка: устанавливают и выверяют центры; устанавливают переднюю и заднюю бабки в осевом положении; проверяют правильность зажима заготовки и наладки люнета; выверяют взаимное расположение (осевое и радиальное) круга и обрабатываемой заготовки.

3. Выполняют работу на вспомогательном (холостом) ходу: устанавливают скорость продольного перемещения устройства правки и предварительно правят круг; балансируют круг; настраивают загрузочно-разгрузочное устройство.

4. Выполняют пробное шлифование: регулируют положение шлифовальной бабки; обрабатывают наладочную пробную партию заготовок, выключают станок и измеряют готовые детали; при необходимости корректируют параметры наладки и шлифуют вторую наладочную партию заготовок; настраивают измерительный прибор по эталонной детали.

5. Проверяют станок в автоматическом цикле с обеспечением требуемых производительности и точности обработки.

Наладка узлов станка. 1. В момент начала вращения круга при нормальной его работе в глазках маслоуказателя подшипников шпинделя должна показаться смазка, что указывает на ее наличие в подшипниках. Если станок продолжительное время не эксплуатировался, его при первоначальном пуске необходимо прогреть в течение 15...20 мин (при этом рекомендуется включить автоматический ход стола с целью вытеснения воздуха из гидросистемы). После прогрева станка можно приступить к его наладке.

2. Установить переднюю и заднюю бабки по длине обрабатываемой заготовки. После перестановки задней бабки произвести пробное шлифование цилиндрического валика для проверки конусности. Погрешность при шлифовании устранить поворотом верхнего стола.

3. Установить центры. Углы центров проверить шаблоном, а прилегание хвостовиков центров – по краске. При установке центров отверстия шпинделя передней бабки и пиноли задней бабки должны быть сухими и чистыми. Перед установкой заготовки на станок тщательно проверить, нет ли на рабочих поверхностях центров каких-либо повреждений. Для выверки центров станка заднюю бабку переместить к передней и, если центры не совпадают, путем поворота передней бабки вправо или влево от нуля добиться их совпадения. Задний центр должен выступать из пиноли на величину, соответствующую 1,5 высоты круга. Наладку поводкового патрона для вращения заготовки произвести при неподвижном переднем центре.

4. Установить заднюю бабку в требуемое положение и надежно закрепить ее на столе двумя винтами. Усилие прижима заготовки задним центром должно быть умеренным; чем легче и тоньше заготовка, тем меньшим оно должно быть. Излишнее усилие прижима приводит к быстрому изнашиванию центров и, следовательно, к ухудшению качества обработки. Слабый прижим также недопустим, так как под действием давления круга на заготовку может сместиться задний центр и уменьшиться точность обработки; кроме того, при слабом прижиме возможно выпадание заготовки из центров.

5. При шлифовании длинных заготовок установить необходимое количество люнетов, исключающих прогиб заготовки под действием сил, возникающих при обработке.

6. Отрегулировать и проверить систему охлаждения и очистки (фильтрования) рабочей жидкости.

7. Установить и закрепить заготовку в центрах. Центровые отверстия в заготовке должны быть выполнены точно; отклонения угла конуса и овальности центрового отверстия от требуемых не должны превышать допустимых значений, в противном случае возникают отклонения от правильной геометрической формы

chipmaker.ru

готовой детали и ухудшается качество шлифования (аналогичны требования, предъявляемые к наружным центрам передней и задней бабок станка). Кроме того, необходимо убедиться в отсутствии грязи и пыли в центровых отверстиях, при необходимости протереть их.

Хомутики для вращения заготовки следует подбирать в зависимости от ее диаметра.

При шлифовании полых заготовок необходимо пользоваться центровыми оправками.

8. После установки шлифуемой заготовки в центрах приступить к расстановке упоров для изменения направления движения стола при продольном шлифовании. Для выверки взаимного расположения круга и заготовки в направлении оси последней в центрах станка помещают эталонную деталь и в том же направлении шлифовальной бабке сообщают установочное перемещение. В качестве базы используют левый торец заготовки, так как при любой длине последней его положение остается постоянным.

9. Для пробного шлифования при наладке включить электродвигатель бабки круга и заготовки, после чего подвести круг к заготовке до появления искры и вручную переместить стол. Если при этом искра будет равномерной по всей длине заготовки, можно включить автоматическую подачу. Сделав несколько ходов, проверить диаметр заготовки с обоих концов.

Если форма заготовки окажется конической, выверить положение стола и снова произвести обработку.

10. Для облегчения настройки станка нужно пользоваться лимбом поперечной подачи. Чтобы определить припуск, перед установкой на станок заготовку нужно измерить. Убедившись, что заготовка вращается с необходимой частотой и положение упоров переключения хода стола соответствует требуемой длине шлифования, необходимо осторожно подвести круг к заготовке до появления искры. В этом положении следует освободить лимб и, не сдвигая маховик поперечной подачи, передвинуть его так, чтобы число делений между нулевым делением на корпусе механизма поперечной подачи и нулевым делением лимба соответствовало половине припуска на диаметр заготовки. После этого, закрепив лимб, можно выполнять обработку, включив автоматическую подачу, которая выключается упором поперечной подачи при совмещении нулевых делений лимба и корпуса механизма поперечной подачи. За два-три деления до нулевого положения необходимо проверить размер заготовки, чтобы не допустить съема лишнего материала и, если нужно, внести соответствующие коррективы в наладку. При шлифовании до упора необходимо периодически корректировать положение круга для компенсации его износа. Сняв первую деталь, следует проверить ее годность. При положительных результатах проверки станок можно считать настроенным.

Во время работы нужно следить за степенью нагрева подшипников шпинделя шлифовальной бабки — их температура не должна превышать 50...60° С. Причинами чрезмерного нагрева могут быть излишняя затяжка подшипников, недостаточное количество смазки, неправильно выбранный режим шлифования. Не допускается также вибрация в узлах станка, причинами возникновения которой являются некачественная балансировка шлифовального круга, увеличенный зазор в подшипниках шлифовального шпинделя, неисправность ременной передачи.

3.6. Дефекты, возможные при круглом шлифовании, причины их возникновения и способы устранения

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Отклонение шлифованной поверхности от круглости	Неправильное вращение заготовки в центрах станка	Проверить правильность геометрической формы, прямолинейность и шероховатость опорных поверхностей центровых гнезд заготовки и центров станка; устранить заусенцы, забоины, грязь и другие дефекты в центровых гнездах и центрах; проверить жесткость крепления центров на станке
Отклонение последовательно шлифуемых поверхностей от соосности	Смещение оси вращения шлифуемой заготовки	Проверить соосность и надежность крепления центров станка; усилить зажим подвижных и регулируемых элементов станка — передней и задней бабок, механизма поворота стола и др.
Разброс размеров шлифуемых поверхностей в потоке обрабатываемых заготовок	Большие колебания припуска на шлифование в потоке обрабатываемых заготовок; нежесткая опора последних; неравномерные поперечная и продольная подачи; загрязнение СОЖ	Проверить припуски и уменьшить их колебания в пределах одной партии обрабатываемых заготовок; усилить крепление подвижных элементов станка, на которых вращается обрабатываемая заготовка; проверить и при необходимости добиться равномерности поперечной и продольной подач
Отклонение шлифуемой поверхности от цилиндричности	Недостаточная прочность крепления или неточное расположение опорных элементов, удерживающих обрабатываемую заготовку; погрешности базовых опорных поверхностей (в центрах и в центровых отверстиях)	Проверить и при необходимости выверить соосность передней и задней бабок в соответствии с направлением движения стола; проверить состояние центров отверстий заготовки, центров станка и правильность установки заготовки в центрах; отрегулировать усилие зажима центра задней бабки
Огранка на шлифованной поверхности (продольные площадки вдоль оси детали разделяются острыми кромками)	Периодическое прерывание контакта круга с заготовкой в процессе шлифования из-за вибраций станка, отклонений от круглости или недостаточно жесткой опоры обрабатываемой заготовки	Применить более мягкий шлифовальный круг, точнее выполнить его балансировку и тщательнее выправить; устранить вибрации станка, сбалансировать его подвижные элементы, проверить сбалансированность обрабатываемой заготовки; проверить центровые гнезда и центры, в которых вращается заготовка, устранить имеющиеся дефекты; отрегулировать зазор в подшипниках шпинделя круга; выявить и

chipmaker.ru

Продолжение табл. 3.6

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
		устранить посторонние источники вибраций
Волнистость на шлифованной поверхности (выявляется вследствие разного преломления света)	Изменяющееся в процессе шлифования усилие прижима круга к заготовке при постоянном их контакте	Устранить или снизить вибрации узлов станка (электродвигателя, гидропривода и др.) и внешние; уменьшить натяг уплотнения в приводе вращения передней бабки
Огранка в виде небольшого числа граней, выявляемая при проверке отклонения от круглости	Биение шлифовального круга вследствие его несбалансированности; число граней согласуется с соотношением частот вращения круга и заготовки	Сбалансировать круг; перед окончательной балансировкой новый круг, установленный на станок, выправить, чтобы восстановить концентричность наружного диаметра и оси вращения; после прекращения подачи СОЖ немного продолжить вращение круга во избежание накапливания воды в его порах; убедиться, что заготовка свободно вращается в центрах, так как слишком сильный прижим заднего центра может вызвать ее торможение
Высокая шероховатость шлифованной поверхности	Неправильно выбрана характеристика круга и не выполняется рабочий цикл шлифования; некачественная правка круга	Использовать более мелкозернистый круг; уменьшить чистовую подачу на врезание или увеличить время выхаживания (в конце обработки); уменьшить скорость продольной подачи правящего инструмента; ввести переход чистовой правки (без подачи на врезание); сменить загрязненную СОЖ
Царапины на шлифованной поверхности (в виде сетки или отдельные пересекающиеся)	Неправильный рельеф режущей поверхности круга, образованный в процессе правки	Усилить крепление алмазного инструмента в правящем устройстве; исключить вибрации правящего инструмента при правке; уменьшить скорость и обеспечить плавность продольного хода правящего алмазного инструмента во время правки; в случае трещины или выкрашивания алмаза заменить его
Царапины на шлифованной поверхности в виде отдельных глубоких или удлиненных рисок	Отдельные глубокие риски могут быть следствием неправильно выбранной характеристики круга; удлиненные риски могут возникнуть в результате неправильной	Применить более мелкозернистый круг или изменить в круге материал абразивного зерна; усилить крепление правящего инструмента, уменьшить скорость продольного хода правки; за-

Продолжение табл. 3.6

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
	правки круга, а при шлифовании напроход под действием острых режущих боковых кромок круга	тупить острые режущие кромки круга; согласовать (уменьшить) скорость продольной подачи круга с частотой вращения заготовки
Спиральные царапины на шлифованной поверхности	Отклонение от соосности обрабатываемой заготовки с центрами станка и люнетом в случае его применения; некачественная правка круга	Восстановить соосность обрабатываемой заготовки с центрами передней и задней бабок и люнетом (в случае его применения); обеспечить качественную правку гладкой режущей поверхности круга
Мелкая резьба на шлифованной поверхности	Копируется резьбовая поверхность круга, образующаяся в результате увеличенной продольной подачи алмазного инструмента при правке	Уменьшить продольную подачу и глубину врезания алмаза при правке; применить переход чистовой правки без врезания алмаза; не применять очень острые алмазы для правки
Разобщенные спиральные царапины на шлифованной поверхности	Неравномерный контакт круга с заготовкой при шлифовании	Проверить совпадение центровых гнезд заготовки с центрами станка

В конце смены рекомендуется прокрутить шлифовальный круг на полной рабочей скорости в течение 1...2 мин, выключив охлаждение, чтобы жидкость не скапливалась в порах нижней части круга и не нарушала балансировки.

В табл. 3.6 указаны дефекты, возможные при круглом шлифовании, причины их возникновения и способы устранения.

4. БЕСЦЕНТРОВОЕ КРУГЛОЕ НАРУЖНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

4.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

При бесцентровом шлифовании обрабатываемую заготовку *2* (рис. 4.1) устанавливают на опорный нож *4* между шлифовальным *1* и ведущим *3* кругами. Скорость резания шлифовальным кругом составляет 30...60 м/с, а ведущий круг обеспечивает вращение заготовки с окружной скоростью 10...40 м/мин. Так как сила трения между шлифовальным кругом и заготовкой меньше, чем между заготовкой и ведущим кругом, последний сообщает заготовке вращение с необходимой окружной скоростью.

Применяют два метода шлифования: напроход (с продольной подачей) и врезное (с поперечной подачей). Движение продольной подачи обеспечивается поворотом оси ведущего круга на угол α. Окружная скорость $v_в$ ведущего круга раскладывается на две составляющие: окружную скорость заготовки (круговую подачу) $v_з$ и продольную подачу S, где $S = v_в \sin \alpha$. Чтобы обеспечить линейный контакт ведущего круга с цилиндрической поверхностью заготовки, ведущему кругу в процессе правки придают форму гиперболоида.

При врезном шлифовании ведущий круг сообщает заготовке только вращательное движение. Его ось устанавливают горизонтально или под небольшим

chipmaker.ru

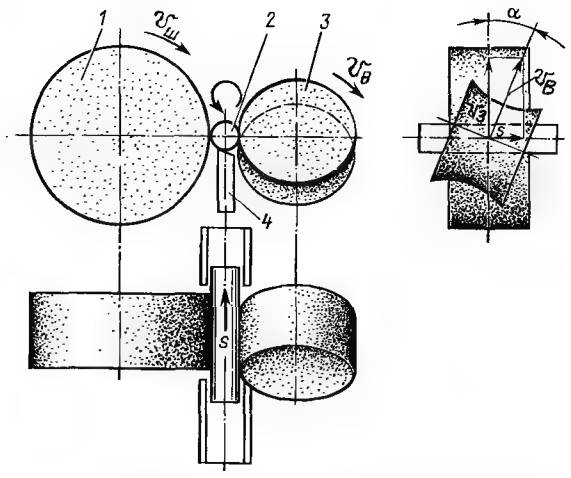


Рис. 4.1. Схема бесцентрового круглого наружного шлифования:
1, 3 — шлифовальный и ведущий круги, *2* — обрабатываемая заготовка, *4* — опорный нож; $v_ш$ — окружная скорость шлифовального круга, $v_в$ — окружная скорость ведущего круга, α — угол наклона ведущего круга, $v_з$ — окружная скорость заготовки, *S* — продольная подача заготовки

углом (α≈0,5°), чтобы при шлифовании создать прижим к неподвижному упору. В этом случае ведущему кругу придают при правке цилиндрическую, а не гиперболическую форму. Принудительная поперечная подача обрабатываемой заготовки обеспечивается механизмом подачи бабки ведущего круга.

Основными технологическими особенностями бесцентрового шлифования являются следующие:

обрабатываемая заготовка вращается свободно без закрепления в призме, образованной опорным ножом и ведущим кругом, благодаря чему исключаются деформации заготовки, возможные при ее зажиме, а вращение в призме позволяет эффективно устранять отклонения шлифуемой поверхности от круглости;

вращение заготовки осуществляется за счет сил трения между ней и ведущим кругом; для качественной обработки необходимо, чтобы заготовка начала вращаться до соприкосновения с шлифовальным кругом, что в значительной степени определяется состоянием опорного ножа — его плоская опорная поверхность должна иметь высокую твердость и наименьшую шероховатость (Ra=0,05...0,15 мкм), с тем чтобы трение между заготовкой и ножом было минимальным;

обрабатываемая поверхность чаще всего является базовой, поэтому большое значение имеет ее исходное состояние: разобщенные участки, приливы, заусенцы, большое отклонение от круглости усложняют, а иногда делают невозможной обработку на бесцентрово-шлифовальных станках;

ведущий круг выполняет роль не только устройства, замедляющего вращение заготовки (при ее раскручивании шлифовальным кругом), но и дополнительной опоры, значительно повышающей жесткость технологической системы, благодаря

чему на бесцентрово-шлифовальных станках можно обрабатывать на увеличенных поперечных подачах длинные и тонкие заготовки без опасения их деформирования при шлифовании;

бесцентровое шлифование, осуществляемое без зажима заготовки и применения устройств ее принудительного вращения, не требует создания центровых базовых гнезд и упрощает автоматизацию обработки, сокращает время на установку заготовки и снятие детали.

Жесткость технологической системы бесцентрово-шлифовальных станков в 1,5...2 раза выше, чем круглошлифовальных, поэтому и режимы резания при бесцентровом шлифовании повышают примерно в 1,5...2 раза.

Бесцентровое шлифование обеспечивает обработку по 5...6-му квалитетам. Эффективно уменьшается также отклонение формы заготовки от круглости (например, с исходного значения 0,3 мм оно может быть уменьшено до 0,0025 мм).

В процессе бесцентрового шлифования обрабатываемая заготовка лежит на опорном ноже и ведущем круге (рис. 4.2). Опорный нож устанавливают по высоте так, чтобы центр шлифуемой заготовки находился выше линии центров шлифовального и ведущего кругов примерно на 0,5 *d* (где *d* — диаметр заготовки), но не более чем на 14 мм. Тонкие, длинные и недостаточно прямолинейные (изогнутые) прутки целесообразно располагать ниже линии центров на ту же величину. Опорная поверхность ножа должна быть строго параллельной оси шлифовального круга. Отклонение от прямолинейности опорной и установочной поверхностей ножа не должно превышать 0,01 мм на 100 мм длины. Толщина опорного ножа должна быть на 1...2 мм меньше диаметра шлифуемой заготовки, но не более 12 мм. Рекомендуемая толщина опорных ножей приведена ниже.

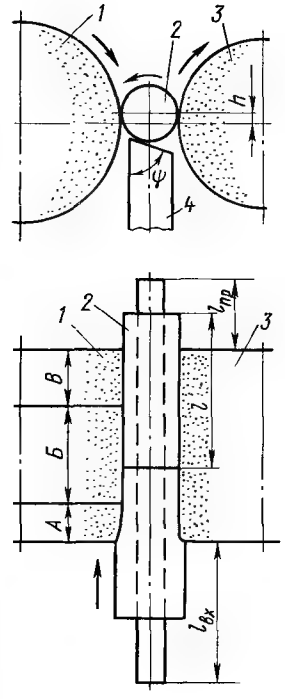


Рис. 4.2. Рабочий цикл бесцентрового шлифования напроход:
1, 3 — шлифовальный и ведущий круги, *2* — обрабатываемая заготовка, *4* — опорный нож; *А* — участок врезания, *Б* — участок чистового шлифования, *В* — участок выхаживания, $l_{вх}$ — передняя (входная, направляющая) часть опорного ножа, *l* — длина обрабатываемой заготовки, $l_{пр}$ — задняя (приемная) часть опорного ножа, *h* — превышение центра обрабатываемой заготовки над линией центров шлифовального и ведущего кругов

Диаметр заготовки, мм	1,5...3	3...6,5	6,5...12	12,5 и более
Толщина ножа, мм	1,25	2,5	6	12

Угол ψ скоса опорной поверхности ножа при обработке заготовок длиной до 100 мм и диаметром до 30 мм принимают равным 30°, а при бо́льших размерах — 20...25°.

Опорные ножи, оснащенные пластинами из твердого сплава ВК8, обладают высокой износостойкостью, однако при шлифовании заготовок диаметром до

chipmaker.ru

3 мм применение твердого сплава невозможно и в этом случае используют стальные ножи. В целях экономии верхнюю опорную часть такого ножа изготовляют из легированной или быстрорежущей стали, а нижнюю — из углеродистой.

4.2. БЕСЦЕНТРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ НАПРОХОД

Обрабатываемая заготовка при входе в зону шлифования самоустанавливается между кругами и перемещается силой продольной подачи, при этом шлифовальный круг врезается в заготовку на величину, равную припуску. На этом участке врезания режущая кромка круга интенсивно изнашивается, образуя заборную часть длиной *А* (см. рис. 4.2), которая непрерывно растет и изменяет условия резания. Поэтому на долю участка *Б* круга приходится снятие остаточного припуска, выравнивание разброса размера диаметра и исправление погрешности формы. На участке *В* выхаживания вследствие обратного конуса на образующей шлифовального круга по мере перемещения заготовки к выходу глубина резания непрерывно уменьшается, способствуя снижению шероховатости и повышению геометрической точности детали.

При бесцентровом шлифовании напроход можно надежно обеспечивать обработку по 5-му квалитету с получением точности геометрической формы в *пределах 2,5 мкм и шероховатости поверхности Ra=0,1...0,3 мкм.*

Число операций зависит от припуска на шлифование, определяемого исходными погрешностями, требованиями к точности и шероховатости поверхности. На операциях шлифования с невысокими требованиями к точности (допуск 0,08...0,1 мм) и шероховатости поверхности (Ra=2,5 мкм) наибольший снимаемый припуск за одну операцию составляет 0,25 мм на диаметр.

Рекомендации по выбору числа операций в зависимости от исходной и требуемой точности формы обрабатываемой поверхности при бесцентровом шлифовании напроход приведены в табл. 4.1, а рекомендации по выбору характеристики шлифовального круга в зависимости от глубины резания и достигаемая шероховатость обработанной поверхности — в табл. 4.2. В условиях массового производства шероховатость поверхности ниже; Ra=0,2 мкм достигается бесцентровой доводкой (табл. 4.3) или суперфинишированием. Поэтому в ряде случаев целесообразно для уменьшения шероховатости поверхности вместо одного шлифовального круга высотой 150...200 мм устанавливать два круга высотой 75...100 мм разных характеристик (рис. 4.3): первый круг (с более крупным абразивным зерном) служит для снятия припуска, второй (мелкозернистый) — для окончательного формирования поверхности с необходимыми геометрической точностью и шероховатостью.

Бесцентрово-шлифовальный станок с высокими кругами (500 и 800 мм) заменяет два-три обычных станка. Для снятия увеличенного припуска необходимо на входе высоких кругов выполнять заборный конус длиной до 100 мм, а на выходе — обратный конус длиной 50...80 мм для уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности и исключения кольцевых следов на последней. Заданный профиль по образующей круга с передним и обратным конусами создается в процессе правки круга по копиру.

Во избежание уменьшения размера изготовляемых деталей необходимо, чтобы поток заготовок, проходящих через зону шлифования, был непрерывным

4.1. Выбор числа операций в зависимости от исходной и требуемой точности формы обрабатываемой поверхности

Обработка стальных заготовок

| Исходная точность формы, мм | Требуемая точность формы, мм | | |

Продолжение табл. 4.1

Исходная точность формы, мм	Требуемая точность формы, мм													
	0,1 ...0,15		0,05...0,1		0,03...0,05		0,015...0,03		0,01...0,015		0,005...0,01		0,0025...0,005	
	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции
Обработка чугунных заготовок														
0,15...0,3	—	—	1	а	2	а, б	3	а, б, в	—	—	4	а, б, в, г	5	а, б, в, г, д
0,1...0,15			—	—	1	б	2	б, в			3	б, в, г	4	б, в, г, д
0,05...0,1					—	—	1	в			2	в, г	3	в, г, д
0,02...0,05							—	—			1	г	2	г, д
0,005...0,02											—	—	1	д

4.2. Выбор характеристики круга в зависимости от глубины шлифования и достигаемая шероховатость поверхности

Обозначение операции	Глубина шлифования (удвоенная)		Характеристика круга										Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	
			Сталь					Чугун						
	Сталь	Чугун	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Сталь	Чугун
а	0,2...0,35		15А, 63С	50	СТ2	5	К8	54С, 63С	50	СТ1	5	К	5...2,5	2,5...1,2
				40	СТ1				40	С2			(5; 6)	(6; 7)

Продолжение табл. 4.2

Обозначение операции	Глубина шлифования (удвоенная)		Характеристика круга										Шероховатость поверхности *Ra*, мкм	
			Сталь					Чугун						
	Сталь	Чугун	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Сталь	Чугун
б	0,15...0,2		15А, 63С	40	С2, СТ1	5	К8	54С, 63С	40	С1	5	К	2,5...1,2 (6; 7)	1,2 (7)
в	0,1...0,15			25	С1, С2				25	СМ2, С1			1,2 (7)	0,4 (8)
г	0,05...0,1			16	С1				16				1,2...0,4 (7; 8)	0,4...0,2 (8; 9)
				25	С2									
д	0,03...0,05	0,015...0,03		12	С1				12				0,4 (8)	0,2...0,1 (9; 10)
				16	С2									
е	0,015...0,03	—		10	С1			—	—	—			0,4...0,2 (8; 9)	—
				12	С2									
ж	0,01...0,015			63	С1	—	Б1						0,2...0,1 (9; 10)	
				М28	С2		ГФ							

* В скобках указаны классы шероховатости.

Примечания: 1. Характеристика ведущего круга для всех случаев шлифования стальных и чугунных заготовок — 15А 16Т В. 2. При *шлифовании на автоматизированных линиях, где один рабочий обслуживает несколько станков (без автоподналадчика), число операций* может быть увеличено на одну-две; при осуществлении всех операций на одном станке число их можно уменьшить на одну по сравнению с табличными данными. В этих случаях рекомендуемую нормативами удвоенную глубину шлифования следует сохранить на одной-двух последних операциях, а на первых — соответственно изменить, оставив неизменным суммарный припуск. 3. Если технологический процесс предусматривает шлифование заготовок до и после термообработки, то при расчете числа операций для нетермообработанных заготовок требуемой является точность, с которой заготовки возвращаются из термообработки.

chipmaker.ru

chipmaker.ru

4.3. Характеристика наладок станка при чистовом бесцентровом шлифовании и бесцентровой доводке

Параметр наладки	Чистовое бесцентровое шлифование	Бесцентровая доводка
Снимаемый припуск на диаметр, мм	0,02	0,005...0,01
Расположение центра обрабатываемой заготовки	Выше линии центров кругов на 12...14 мм	На линии центров кругов
Опорный нож:		
материал опорной поверхности	Быстрорежущая сталь или твердый сплав	Твердая резина или текстолит
скос опорной поверхности, град	25...30	0
Шлифовальный круг:		
характеристика	15А 12 СТ В	63С М20 СМ2 Б
угол наклона оси, град	0	4
окружная скорость, м/с	35	5
высота, мм	150	560
Ведущий круг:		
характеристика	15А 16 Т В	63С М40 СТ1 Б
угол наклона оси, град	1,5	2
окружная скорость, м/с	0,65	1,44
высота, мм	150	560

и плотным. Это особенно важно на операциях шлифования заготовок точных деталей.

При установке на станок опорный нож должен выступать из рабочей зоны кругов на входе заготовки на величину $l_{вх}=(1,2...1,3)\,l$, а на выходе — на величину $l_{пр}\geqslant 0,65$ (см. рис. 4.2). При шлифовании заготовок диаметром $d>l$ необходимо длину опорного ножа увеличивать, чтобы предупредить преждевременное выпадание заготовок на выходе.

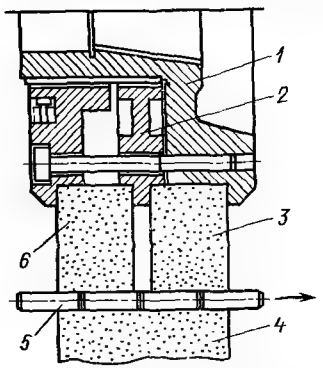


Рис. 4.3. Схема бесцентрового шлифования напроход с использованием двух шлифовальных кругов разных характеристик: *1* – планшайба, *2* – промежуточное кольцо, *3*, *6* — соответственно мелкозернистый и крупнозернистый шлифовальные круги, *4* – ведущий круг, *5* – заготовки

Направляющие линейки при бесцентровом шлифовании напроход служат для ввода заготовки в зону шлифования и вывода из нее. При $l>100$ мм длина линейки $L=l$; если $l=100...200$ мм, $L=0,75l$. Выбирая длину линейки, нужно учитывать также соотношения длины l и диаметра d заготовки. При обработке коротких заготовок ($d>l$) следует использовать длинные линейки, чтобы одновременно подводить к кругам несколько заготовок для достижения лучшей устойчивости их на опорном ноже. Длинные направляющие линейки нужно применять также при шлифовании заготовок непрерывным потоком. Отклонения от прямолинейности и параллельности боковых сторон линеек не должны превышать 0,01 мм на 100 мм длины.

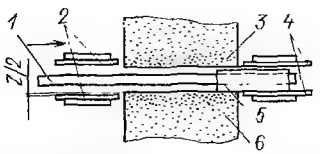


Рис. 4.4. Схема установки направляющих линеек: *1* — опорный нож, *2* — направляющие линейки на входе, *3*, *6* – шлифовальный и ведущий круги, *4* — направляющие линейки на выходе, *5* – обрабатываемая заготовка

Направляющие линейки следует устанавливать параллельно линии контакта обрабатываемой заготовки с шлифовальным кругом (рис. 4.4). Входная направляющая линейка должна отстоять от линии контакта заготовки с ведущим кругом на величину, равную половине снимаемого припуска на диаметр ($z/2$), а направляющая линейка на выходе служить продолжением линии контакта заготовки с ведущим кругом. Примеры возможных искажений геометрической формы шлифуемой заготовки, вызванных неправильной установкой направляющих линеек, показаны на рис. 4.5.

Направляющие линейки со стороны шлифовального круга устанавливают так, чтобы обеспечить свободное продвижение обрабатываемых заготовок на входе в зону шлифования и выходе из нее. Их применяют лишь с целью предотвращения падения заготовок с опорного ножа.

Особенности наладки станка. 1. При шлифовании напроход для уменьшения разброса размера диаметра обрабатываемых заготовок необходимо, чтобы в зоне шлифования по всей высоте кругов обеспечивался непрерывный поток заготовок, т. е. обрабатываемые заготовки должны поджиматься друг к другу, а их торцовые поверхности — быть ранее обработанными. Влияние состояния торцовых поверхностей возрастает при обработке неустойчивых заготовок деталей типа колец, диаметр которых превышает длину.

2. Для получения однородного качества готовых деталей необходимо, чтобы на последнем переходе разброс размера диаметра шлифуемых заготовок был меньше припуска на одну операцию. При отсутствии активного контроля с автоматической подналадкой, а также при недостаточной жесткости технологической системы необходимо вводить дополнительный переход для выравнивания размера диаметра заготовок в потоке до последнего финишного перехода.

3. При шлифовании длинных, тонких и искривленных валов (прутков)

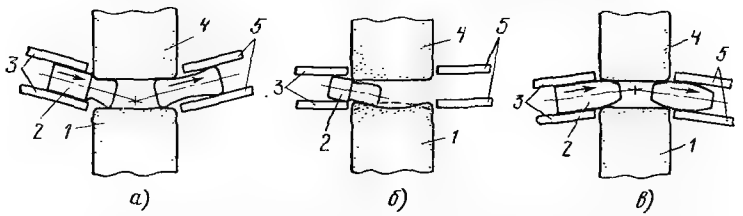


Рис. 4.5. Возможные искажения геометрической формы заготовки, вызванные неправильной установкой направляющих линеек: *а* – направляющие линейки на входе и выходе повернуты влево, образующая шлифуемой заготовки получает выгнутую форму, *б* – направляющие линейки на входе и выходе смещены влево от линии контакта заготовки с кругами, образующая шлифуемой заготовки получает вогнутую форму, *в* — направляющие линейки на входе и выходе повернуты вправо, образующая шлифуемой заготовки получает выпуклую форму; *1* – ведущие круги, *2* – обрабатываемые заготовки, *3* – направляющие линейки на входе, *4* — шлифовальный круг, *5* – направляющие линейки на выходе

chipmaker.ru

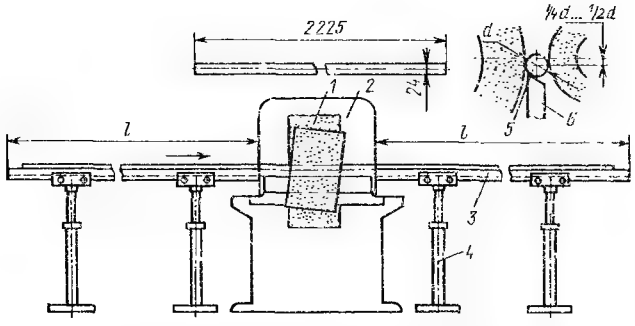


Рис. 4.6. Схема наладки при бесцентровом шлифовании напроход длинных валов (прутков):
1, 2 – шлифовальный и ведущий круги, *3* – склиз призматической формы, *4* – стойка, *5* – заготовка, *6* – опорный нож

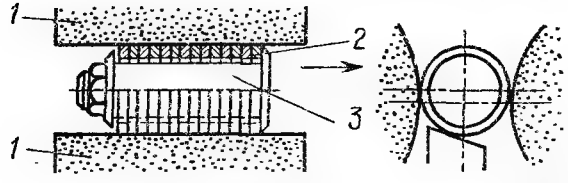


Рис. 4.7. Схема наладки при шлифовании неустойчивых заготовок:
1 – шлифовальные круги, *2* – заготовки, *3* – оправка

целесообразно наладку выполнять так, чтобы обрабатываемый пруток лежал на ноже ниже линии центров шлифовального и ведущего кругов примерно на величину, равную половине своего диаметра (рис. 4.6). Длина загрузочных и приемных устройств, поддерживающих заготовки на входе и выходе из зоны шлифования, должна быть не менее длины обрабатываемых прутков.

4. Неустойчивые заготовки (кольца) с необработанной наружной поверхностью целесообразно шлифовать при первом переходе на оправках. Для этого кольца набирают пакетом (с зазором 0,5 мм) на оправку (рис. 4.7) и слегка поджимают гайкой так, чтобы каждое из них могло самоустанавливаться на опорном ноже в процессе шлифования.

5. При шлифовании напроход заготовок профильных бочкообразных роликов (либо наружных фасок на кольцах) роль ведущего круга *3* выполняет стальной барабан со спиральными канавками, профиль дна которых соответствует профилю обрабатываемых роликов *4* (рис. 4.8). При вращении барабана обрабатываемые заготовки вращаются, ориентируются и перемещаются барабаном вдоль криволинейной образующей шлифовального круга. Опорный нож *2* имеет также криволинейную форму. Линейка *1* предотвращает выбрасывание заготовок. В спиральную канавку барабана заготовки вводятся штоком *6*, работа которого согласована с вращением барабана. За каждый оборот барабана со станка сходит одна обработанная деталь. Этот метод применяют при невысоких требованиях к геометрической и размерной точности деталей.

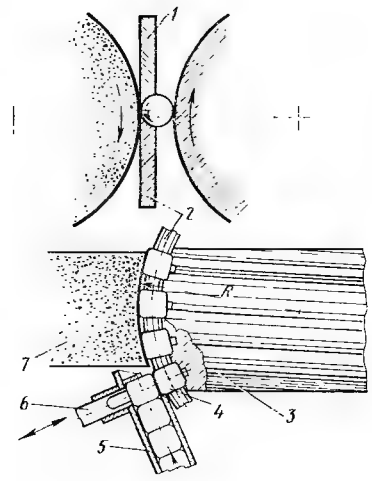


Рис. 4.8. Схема наладки при бесцентровом шлифовании напроход заготовок бочкообразных роликов:
1 – линейка, *2* – опорный нож, *3* – ведущий круг в форме барабана, *4* – ролики, *5* – загрузочная трубка, *6* – шток толкателя, *7* – шлифовальный круг

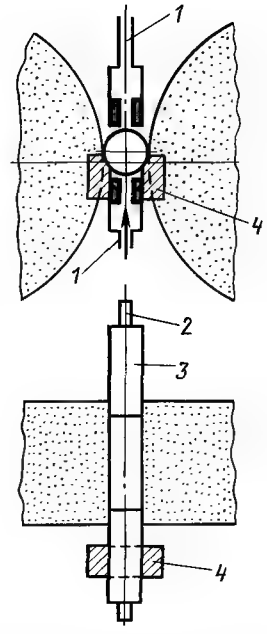


Рис. 4.9. Схема бесцентрового шлифования напроход заготовок поршневых пальцев с применением прибора активного контроля

Активный контроль. На станках для шлифования напроход приборы активного контроля не управляют непосредственно рабочим процессом. Обычно располагаемые за зоной шлифования, они фиксируют размер уже готовой детали. Так как в условиях поточной непрерывной обработки размерная точность определяется настройкой шлифовального круга и по мере его изнашивания и затупления размер обрабатываемой заготовки увеличивается, предназначением прибора активного контроля является управление механизмом компенсации износа круга, т. е. автоматическое поддерживание наладки станка.

Схема бесцентрового шлифования напроход заготовок поршневых пальцев с применением прибора пневматического активного контроля показана на рис. 4.9. Измерительный узел, вынесенный из зоны шлифования, состоит из двух диаметрально расположенных в вертикальной плоскости сопл *1*. Обрабатываемые заготовки *3*, выходя из зоны шлифования, продолжают перемещаться по опорному ножу *2* и попадают на наклонную призму *4*, являющуюся базой при измерении деталей. Сжатый воздух подводится к детали через нижнее сопло *1* и отверстие в призме. По мере изнашивания и затупления круга диаметр детали увеличивается, в связи с чем уменьшается зазор между ней и измерительным соплом. По достижении допустимой границы верхнего допуска на диаметр пальца измерительный прибор дает команду исполнительным органам механизма попереч-

chipmaker.ru

ной подачи станка на компенсацию износа круга. В условиях непрерывной поточной обработки заготовок поршневых пальцев со скоростью продольной подачи 3...4 м/мин активный пневматический контроль обеспечивает точность диаметра в пределах 10 мкм.

4.3. БЕСЦЕНТРОВОЕ ВРЕЗНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Бесцентровым врезным шлифованием обрабатывают заготовки с цилиндрической, конической, сферической и фасонной поверхностями, ступенчатые валики, заготовки с разобщенными поверхностями и др.

Подобно круглому врезному шлифованию в центрах при бесцентровом врезном шлифовании за одну операцию можно практически снять любой заданный припуск. При таком построении технологического процесса шлифовальный круг правят дважды: предварительно (грубо) — для снятия основного припуска и окончательно (чистовая правка) — для отделочной обработки.

В условиях серийного и массового производства целесообразно разделить шлифование на несколько операций, с тем чтобы заготовка лучше была подготовлена к финишной обработке и окончательное шлифование выполнялось мелкозернистым кругом, имеющим более высокую кромкостойкость.

Рекомендации по выбору числа операций в зависимости от исходной и требуемой точности формы обрабатываемой поверхности при бесцентровом врезном шлифовании приведены в табл. 4.4, а рекомендации по выбору характеристики

4.4. Выбор числа операций в зависимости от исходной и требуемой точности формы обрабатываемой поверхности

Исходная точность формы, мм	Требуемая точность формы, мм							
	0,1...0,15		0,05...0,1		0,02...0,05		0,01...0,02	
	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции	Число операций	Обозначение операции
Обработка стальных заготовок								
0,2...0,3	1	а	2	а, б	3	а, б, в	4	а, б, в, г
0,1...0,2			1	б	2	б, в	3	б, в, г
0,05...0,1		—	—	—	1	в	2	в, г
0,02...0,05					—	—	1	г
Обработка чугунных заготовок								
0,15...0,3			1	а	2	а, б	3	а, б, в
0,05...0,15	—	—	—	—	1	б	2	б, в
0,02...0,05					—	—	1	в

шлифовального круга в зависимости от припуска на диаметр и достигаемая шероховатость обработанной поверхности — в табл. 4.5.

4.5. Выбор характеристики круга в зависимости от припуска на диаметр и достигаемая шероховатость поверхности

Обозначение операции	Припуск на диаметр, мм		Характеристика круга														Шероховатость поверхности Ra, мкм*	
			Сталь						Чугун								Сталь	Чугун
	Сталь	Чугун	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка	Материал зерна	Зернистость	Твердость	Структура	Связка						
а	0,3...0,5			50	CT2, CT3					CT1, CT2							2,5 (6)	1,2...2,5 (6; 7)
б	0,2...0,3	0,15...0,3	15A	40	CT1, CT2	5	K8	63C	50; 40	C1, C2	5	K					1,2...2,5 (6,7)	1,2(7)
в	0,1...0,15	0,05...0,1		25	C2, CT1					C1, C2, CM2							0,4...1,2 (7; 8)	0,4(8)
г	0,05...0,1	—		16				—		—	—	—					0,4(8)	—

* В скобках указаны классы шероховатости.

Примечания: 1. Характеристика ведущего круга для всех операций — 15A 16 T B. 2. При обработке стальных заготовок длиной менее 80 мм максимальная точность и низкая шероховатость обеспечиваются за три операции. 3. Рекомендации по выбору числа операций предусматривают их выполнение на различных станках. Если шлифование осуществляют на одном станке, требуемая точность 0,05 мм может быть достигнута за одну операцию вместо трех, а точность 0,01 мм — за две операции вместо четырех. В этих случаях минутную поперечную подачу следует уменьшить на 20...40%.

chipmaker.ru

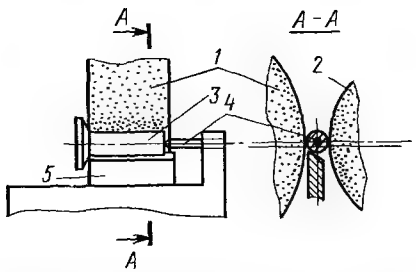


Рис. 4.10. Схема расположения упора при бесцентровом врезном шлифовании:
1, 2 — шлифовальный и ведущий круги, *3* — обрабатываемая заготовка, *4* — упор, *5* — опорный нож

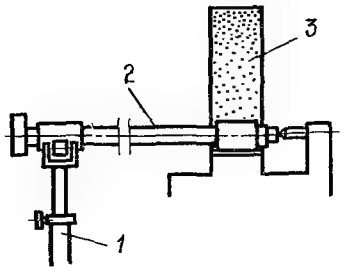


Рис. 4.11. Схема бесцентрового врезного шлифования длинных валов с применением люнета:
1 — люнет, *2* — заготовка, *3* — шлифовальный круг

При бесцентровом врезном шлифовании продольное перемещение обрабатываемой заготовки в зоне шлифования ограничивают жестким упором (рис. 4.10). Выбранная для соприкосновения с упором торцовая поверхность заготовки должна быть гладкой и не иметь биения. Чтобы обеспечить постоянный прижим обрабатываемой заготовки к упору, ведущий круг устанавливают под углом 0,5...1°.

В процессе бесцентрового врезного шлифования на обрабатываемой заготовке копируется форма шлифовального круга в продольном сечении, поэтому для повышения кромкостойкости круга его твердость выбирают на одну-две степени ниже, чем на операциях бесцентрового шлифования напроход.

Примеры наладок. При шлифовании длинных заготовок их правильное положение и устойчивость на ноже обеспечиваются поддерживающим люнетом (рис. 4.11).

При шлифовании ступенчатых заготовок ведущий круг должен быть ступенчатым, если длина шлифуемых шеек примерно одинакова (рис. 4.12, *а*), и прямым, если бо́льшая по диаметру ступень значительно длиннее меньшей (рис. 4.12, *б*). Аналогично выбирают форму опорной поверхности ножа (рис. 4.12, *в*). Длина ее во всех случаях должна быть на 5...10 мм больше длины шлифуемой поверхности. Правку круга по копиру выполняют в одну

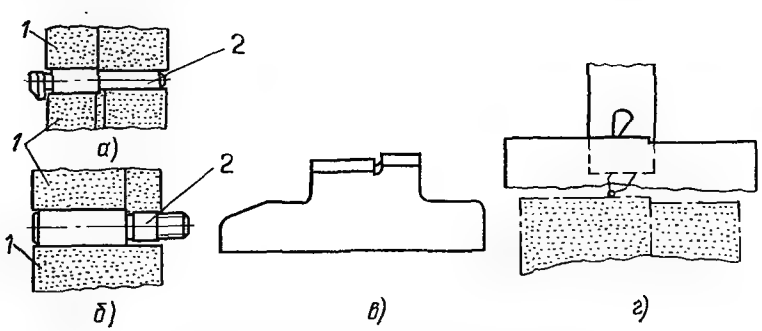


Рис. 4.12. Схемы наладок (*а ... г*) при шлифовании ступенчатых валов:
1 — шлифовальные круги, *2* — заготовки

сторону, с большего диаметра на меньший; при обратном ходе пиноль с правящим инструментом нужно отводить, чтобы не повредить алмаз (рис. 4.12, *г*).

При многокруговом шлифовании (рис. 4.13) все шлифовальные круги монтируют на одной планшайбе. Линейное расстояние между торцами круга определяется распорной втулкой. Аналогичным образом устанавливают ведущие круги. После установки ведущих и шлифовальных кругов оси их шпинделей должны быть взаимно параллельными. Обрабатываемая заготовка в процессе шлифования самоустанавливается между кругами.

За одну установку в автоматическом цикле обрабатываются сразу четыре крестовины по наружной цилиндрической поверхности и фаске: две заготовки из магазина загружаются в рабочую зону, устанавливаются на опорном ноже и после шлифования первой пары шипов передаются в кантователь (специальное кантующее устройство), где поворачиваются на 90°, а затем вновь устанавливаются на ноже для обработки. Шлифование шипов, закаленных токами высокой частоты до твердости HRC$_э$60...66, осуществляется за две операции; технологические условия обработки указаны в табл. 4.6.

4.6. Технологические условия шлифования шипов крестовин

Технологические условия обработки	Операции шлифования	
	Черновая	Чистовая
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	33	
Скорость подачи на врезание, мм/мин	2,3	0,6
Время, с: выхаживания	3	
машинное	12	
Припуск на операцию, мм	0,3	0,1
Стойкость шлифовального круга между правками, дет.	100	150
Характеристика шлифовального круга	24А 32 СМ2 К5	24А 16 СМ1 К5

Эти технологические условия обеспечивают размерную точность шипов в пределах 0,02 мм, отклонение от цилиндричности 0,006 мм, шероховатость поверхности Ra=0,4 мкм.

При шлифовании конусов (рис. 4.14) ось ведущего круга для обеспе-

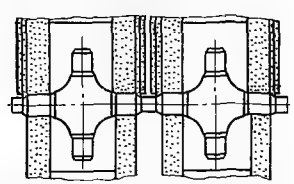


Рис. 4.13. Схема наладки при многокруговом шлифовании шипов крестовины

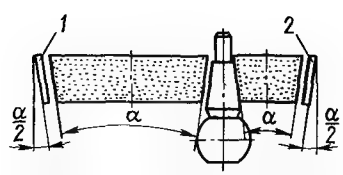


Рис. 4.14. Схема наладки при бесцентровом врезном шлифовании конуса

chipmaker.ru

чения прижима детали к упору наклонена на угол 0,5...1°. Опорный нож при этом должен иметь наклон, равный 0,5α, где α - угол конусности детали. Длина опорной поверхности ножа должна на 15...20 мм превышать длину образующей конуса детали.

У конического шлифовального круга участок с меньшим диаметром работает с большей нагрузкой и быстрее изнашивается, поэтому приходится чаще править шлифовальный и ведущий круги. Для уменьшения числа правок следует применять ведущие круги максимальной твердости или изготовленные из серого чугуна с крупнозернистой структурой. Чугунные круги правят резцом из твердого сплава аналогично правке алмазным инструментом. Правку кругов на конус осуществляют по копирным линейкам *1* и *2* (см. рис. 4.14).

Неуравновешенные заготовки при шлифовании лежат на ноже неустойчиво, особенно в конце процесса, когда глубина резания незначительна, и нуждаются в поддерживании. На рис. 4.15 показана пружинная подставка для поддерживания свешивающейся части обрабатываемой заготовки *3*. Во избежание искажения геометрической формы шлифуемой поверхности и появления на ней огранки пружина *1* подставки *2* должна быть мягкой.

При шлифовании шаровой поверхности *3* (рис. 4.16) обработку выполняют профильным кругом *2*. Профилирование шлифовального круга производят в процессе правки. Расстояние от вершины алмазного инструмента до оси его вращения должно быть равно половине окончательного диаметра шара. Ось пиноли должна лежать в средней плоскости шлифовального круга. Для экономии алмазного инструмента в шлифовальных кругах перед установкой на станок предварительно выполняют радиусную проточку.

Опорный нож цилиндрической частью устанавливают по оси радиусной выточки шлифовального круга. Ведущий круг, имеющий прямолинейную образующую и устанавливаемый по центру шара, соприкасается с обрабатываемой поверхностью по узкой полоске *А*.

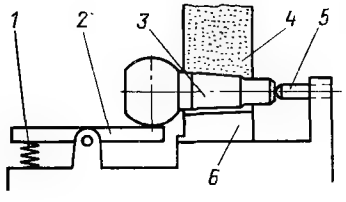


Рис. 4.15. Схема бесцентрового врезного шлифования с применением пружинной подставки для поддержания неуравновешенной заготовки (конуса):
1 пружина, *2* подставка, *3* – заготовка, *4* — шлифовальный круг, *5* — упор, *6* опорный нож

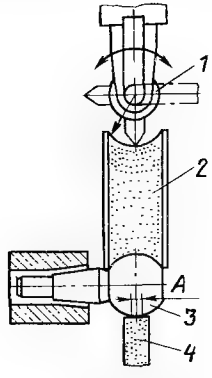


Рис. 4.16. Схема профилирования шлифовального круга при обработке шаровой поверхности бесцентровым врезным шлифованием:
1 правящее устройство, *2*, *4* — шлифовальный и ведущий круги, *3* - обрабатываемая заготовка

В процессе шлифования обрабатываемая заготовка самоустанавливается в осевом направлении по радиусному профилю шлифовального круга, поэтому оси ведущего и шлифовального кругов должны быть строго параллельными друг другу. На современных станках с профильной правкой шлифовального круга алмазным роликом совмещается шлифование шаровой и конической поверхностей пальца за один установ в одной операции.

Шлифование на жестких опорах применяют для обработки тонкостенных заготовок. Оно позволяет уменьшать отклонения от соосности наружного и внутреннего диаметров, восстанавливать равностенность втулок, гильз и других полых деталей типа колец. Основное отличие этого способа шлифования от других состоит в том, что заготовка в процессе обработки базируется не наружной поверхностью на опорном ноже, а внутренней цилиндрической поверхностью на неподвижных опорах. Для этого на бесцентрово-шлифовальном станке вместо суппорта с опорным ножом установлен кронштейн с оправкой *2* (рис. 4.17, *а*), на которой закреплены жесткие опоры *3*. Обрабатываемая заготовка *1* с помощью ведущих роликов *5* прижимается и вращается на этих опорах. Шлифовальный круг *4* прижимает заготовку к опоре *3* и копирует в процессе шлифования наружной поверхности внутреннюю цилиндрическую поверхность, уменьшая этим разностенность.

На столе подвижной бабки ведущего круга закреплена плита *14* (рис. 4.17, *б*), несущая кронштейн *13* с оправкой *12*. Вдоль оси оправки выполнены три продольных паза, в которых закреплены изготовленные из твердого сплава ВК8 жесткие опоры *11*. Опоры по длине оправки располагаются двумя поясками соответственно шлифуемым поверхностям. Для обеспечения безопасности работающего и облегчения установки обрабатываемой заготовки *7* на оправке закреплен направляющий стакан *6* с заходным конусом, вынесенный за пределы рабочей зоны станка. На той же плите *14* расположена стойка, на которой смонтирован узел *9* вращения ведущих роликов. В корпусе на оси *10* установлены два ведущих абразивных ролика *8*, изготовленных из нормального электрокорунда на вулканитовой связке твердостью Т. Вращение роликам сообщается от привода вращения ведущего круга.

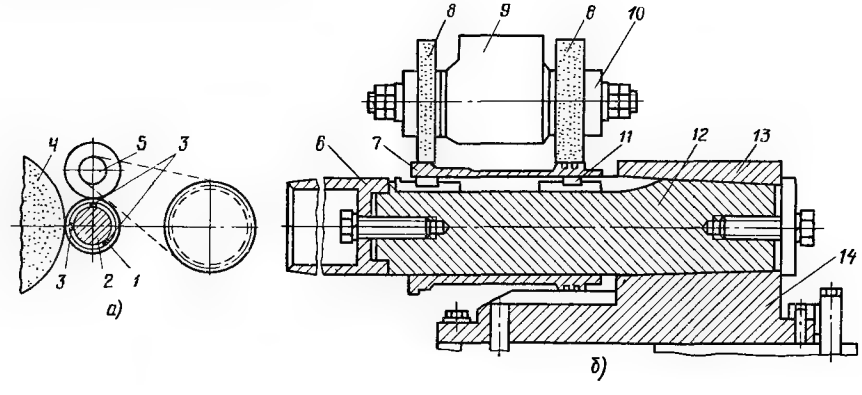


Рис. 4.17. Схема бесцентрового врезного шлифования гильз на жестких опорах (*а*) и применяющееся при этом шлифовании устройство (*б*)

chipmaker.ru

Для обеспечения плавного и легкого вращения гильзы на жестких опорах необходимо, чтобы твердосплавные контактные участки жестких опор имели минимальную шероховатость — не выше Ra --0,15 мкм. Доводку этих контактных участков лучше всего выполнять алмазной пастой.

В процессе шлифования разностенность гильз уменьшается от 50...250 до 10...20 мкм. Простота наладки и установки гильзы на станок позволила повысить производительность операции примерно в 2 раза по сравнению с обработкой на центровых круглошлифовальных станках.

Наклонив ведущий круг на 0,5° и сняв упор, ограничивающий перемещение заготовки, при врезном шлифовании можно одновременно обрабатывать шейку и торец. Для подобных наладок станок необходимо оборудовать приспособлением для правки торца шлифовального круга. Припуск со стороны торца не должен превышать 0,1 мм.

4.4. МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ЗАГОТОВОК И РАЗГРУЗКИ ГОТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

При бесцентровом врезном шлифовании ручная загрузка заготовок и разгрузка готовых деталей неудобна и небезопасна, поэтому их важно механизировать. Типовые примеры механизации этих работ приведены ниже.

В начале цикла шлифования, когда ведущий круг *3* отведен для разгрузки готовой детали — валика (рис. 4.18, *а*), столб заготовок удерживается в желобе *1* крючком *6*, а подготовленная к шлифованию заготовка *4* — пружинным упором *5*. При подходе бабки ведущего круга (рис. 4.18, *б*) крючок *6* отжимает упор *5* и проталкивает заготовку на опорный нож. Одновременно штырь *7* отводит крючок *6*, и столб готовых деталей опускается до упора в крючок *2*. По окончании цикла шлифования бабка ведущего круга отходит, готовая деталь скатывается с ножа вниз, нижняя заготовка из желоба падает на опорный нож и цикл повторяется.

Заготовку *1* валика сложной формы (рис. 4.19, *а*) помещают на укладчик *8*, который под действием гидравлического цилиндра *4* с помощью рычагов опус-

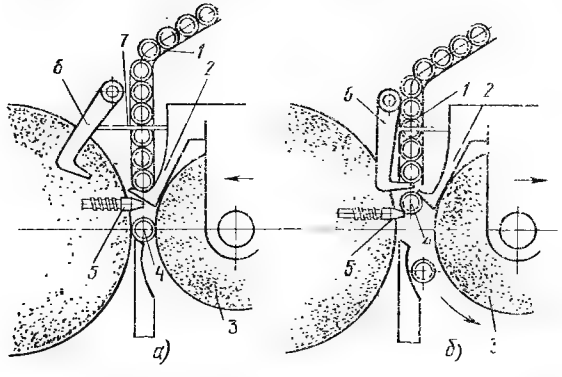


Рис. 4.18. Схема шлифования валиков с использованием механизма автоматической загрузки — разгрузки (*а*, *б*)

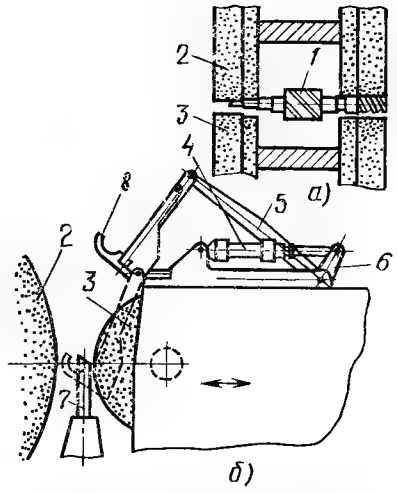


Рис. 4.19. Схема наладки при двухкруговом шлифовании многоступенчатых валиков (*а*) и механизмы загрузки — разгрузки (*б*):
1 — обрабатываемая заготовка, *2* — шлифовальные круги, *3* — ведущие круги, *4* — гидравлический цилиндр, *5*, *6* — рычаги, *7* — опорный нож, *8* — укладчик

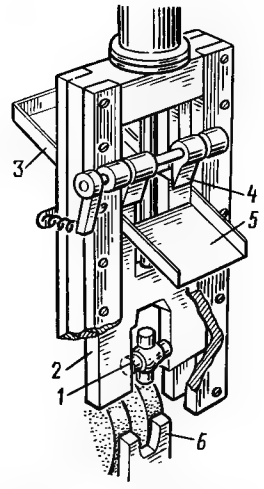


Рис. 4.20. Устройство для автоматической загрузки разгрузки крестовины при шлифовании двух разобщенных шеек

кает ее на опорный нож *7* (рис. 4.19, *б*). По окончании цикла шлифования укладчик снимает готовую деталь с ножа. Гидравлический цилиндр работает в соответствии с циклом шлифования и движением бабки ведущего круга.

При одновременном шлифовании двух разобщенных шеек (рис. 4.20) обрабатываемая заготовка *1* крестовины из загрузочного лотка *3* ползуном *2* опускается на опорный нож *6*. По окончании обработки готовая деталь с помощью ползуна *2* поднимается до встречи с отсекателем *4* и сбрасывается им в приемный желоб *5*.

Заготовки коротких ступенчатых валиков (рис. 4.21) из бункера *1* скатываются в желоб *2* с помощью ворошителя, кулачки которого непрерывно качаются вверх и вниз (движение сообщается пневмоприводом). Нижняя заготовка из желоба попадает на опорный нож *4*. Затем пневмоштоком, получающим через пневмокран *7* команду от кулачка *6*, закрепленного на планшайбе ведущего круга, она проталкивается между кругами в зону шлифования. По окончании цикла шлифования готовая деталь скатывается с опорного ножа в приемный паз ведущего круга и выпадает из него в лоток.

На рис. 4.22 показана схема одновременного шлифования четырех заготовок поршней. Механизм загрузки заготовок имеет направляющую колонну *2* с поворотным рукавом *3*. В последнем установлен конвейер, с помощью которого в два приема загружаются на рукав четыре заготовки *1*. Затем рукав поднимается и, поворачиваясь в горизонтальной плоскости на 90°, устанавливается

chipmaker.ru

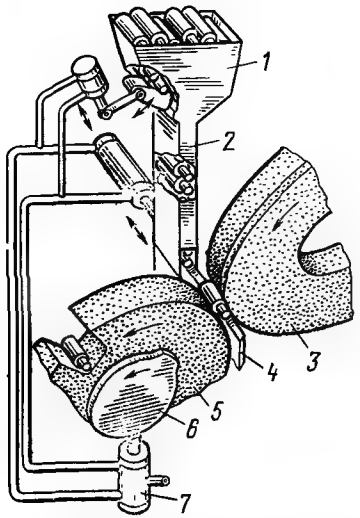


Рис. 4.21. Устройство для бункерной автоматической загрузки — разгрузки коротких ступенчатых валиков: *1* — бункер, *2* — желоб, *3*, *5* — шлифовальный и ведущий круги, *4* — опорный нож, *6* — кулачок, *7* — пневмокран

в одну линию с направляющим устройством бесцентрово-шлифовального станка.

Цикл работы станка полностью автоматизирован. На длинном штоке гидравлического цилиндра закреплена гребенка *6*. Перемещаясь, она передвигает все четыре заготовки на рабочие позиции. Затем происходит быстрый подвод бабки *4* со шлифовальными кругами *5*, заготовки опускаются на направляющую линейку и включается рабочая подача. В то же время поворотный рукав *3* занимает исходное положение. После установки заготовок на направляющую линейку гребенка также возвращается в исходное положение, а рукав с новой партией заготовок начинает подниматься. В конце ускоренного отхода бабки гребенка вновь передвигает заготовку, одновременно выталкивая готовые детали на склиз.

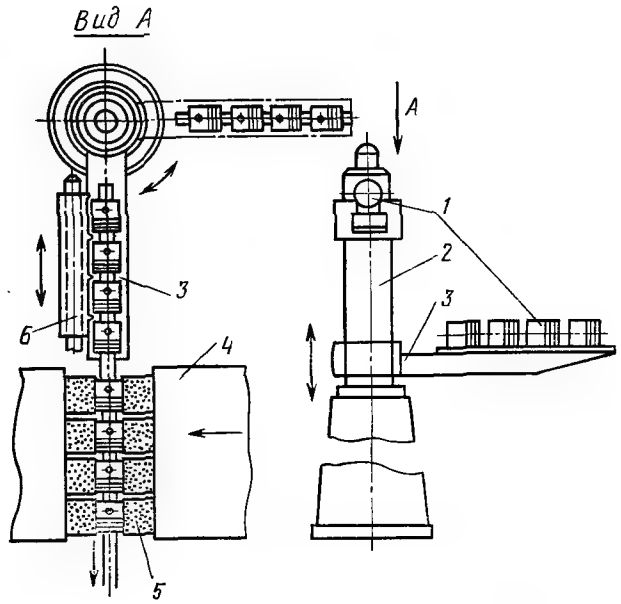


Рис. 4.22. Схема одновременного шлифования четырех заготовок поршней

4.5. ПОДГОТОВКА СТАНКА К РАБОТЕ

Установка шлифовального круга. Шлифовальный круг собирают на фланцах, балансируют и монтируют на шпинделе шлифовальной бабки.

Установка ведущего круга. Ведущий круг может быть установлен на фланцы без снятия их со станка; балансировке ведущий круг не подвергается.

Для уменьшения влияния припуска на точность базирования заготовки ведущий круг рекомендуется устанавливать так, чтобы торец его отстоял от торца шлифовального круга на величину, равную $S/2$, где $S=\pi d \operatorname{tg} \alpha$ (d — диаметр заготовки, мм; α - угол наклона ведущего круга, град).

Если торец ведущего круга выступает за торец шлифовального (рис. 4.23, *а*), то заготовка базируется по нешлифованной поверхности *А*. По мере снятия припуска с большей части заготовки базирующей становится шлифованная поверхность *В*. В момент смены базы возможны перекосы заготовки и увеличение отклонения от точности. За один свой оборот заготовка проходит в осевом направлении путь $S/2$, следовательно, каждая ее точка движется по винтовой линии с шагом, равным $S/2$. Точка *а*, находящаяся в данный момент в контакте со шлифовальным кругом (рис. 4.23, *б*), через пол-оборота войдет в контакт с ведущим кругом в точке a', пройдя за это время в осевом направлении путь $S/2$. Следовательно, для обеспечения постоянного базирования заготовки по одной поверхности следует сместить торец ведущего круга на величину, равную $S/2$. В этом случае будут исключены погрешности, связанные со сменой баз.

На станках с высокими кругами применяют ведущие круги бо́льшей высоты, чем шлифовальные (ведущий круг выступает за шлифовальный как с передней, так и с задней стороны).

Предварительная правка шлифовального и ведущего кругов. Перед правкой необходимо установить в нулевое положение поворотную часть бабки ведущего круга, устройства для правки ведущего и шлифовального кругов и регулирующую линейку устройства для правки ведущего круга. Оба круга правят после отсоединения копирных линеек от пинолей правящих устройств, расположенных на бабках кругов. Шлифовальный круг правят до устранения его биения по периферии. После предварительной правки шлифовальный круг вторично балансируют, так как в нем может снова возникнуть дисбаланс, приводящий к вибрациям станка и нагреву подшипников, что ухудшает качество обработки.

Установка ведущего круга с наклоном по отношению к шлифовальному кругу. Для установки ведущего круга под требуемым углом α по отношению к шлифовальному на верхней части бабки освобождают гайки, поворотный корпус бабки поворачивают до совмещения указателя с заданным по технологической карте углом α на шкале, находящейся на неподвижной части корпуса. После этого гайки затягивают.

Установка опорного ножа. В отличие от шлифования на центровых станках, где положение оси заготовки, установленной в центрах станка, в процессе обработки остается неизменным по отношению к шлифовальному кругу, при бесцентровом шлифовании ось обрабатываемой поверхности, являющейся одновременно и базовой, меняет свое положение по отношению к оси шлифовального круга. Поэтому большое влияние на форму и размеры готовой детали оказывает положение заготовки в зоне шлифования, зависящее от установки опорного ножа.

chipmaker.ru

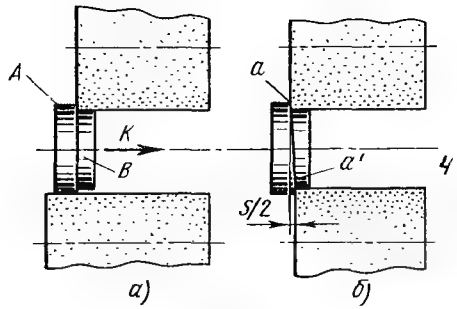


Рис. 4.23. Схема установки ведущего круга:
а — торец ведущего круга выступает за торец шлифовального круга, *б* - торец ведущего круга смещен от торца шлифовального круга на величину, равную $S/2$

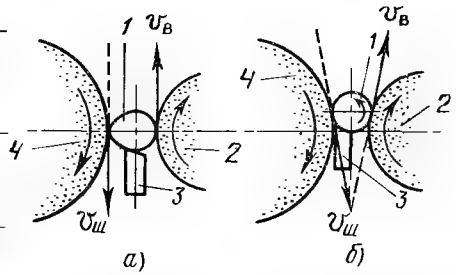


Рис. 4.24. Схемы (*а, б*), поясняющие влияние высоты расположения опорного ножа на геометрическую точность шлифуемой поверхности:
$v_ш$ и $v_в$ — окружные скорости соответственно шлифовального и ведущего кругов

Рассмотрим случай, когда ось заготовки *1*, установленной на ноже *3*, совпадает с линией центров кругов *2* и *4* (рис. 4.24, *а*). Направления векторов окружных скоростей кругов показаны стрелками. Если провести касательные в точках контакта заготовки с кругами, то будет видно, что заготовка как бы вращается между параллельными плоскостями. При этом даже на поверхности заготовки, имеющей правильное круглое сечение, может после обработки возникнуть огранка. Вместе с тем овальность при таком положении заготовки хорошо исправляется. Форма детали искажается и при наличии радиального биения кругов. В случае шлифования имеющей трехгранную исходную форму заготовки, у которой при измерении двухточечным методом все диаметральные размеры равны, первоначальная трехгранность не устраняется, а воспроизводится, так как такой валик шлифуется только по вершинам граней.

Если ось заготовки *1*, установленной на ноже *3*, расположена выше или ниже линии центров кругов *2* и *4*, рабочая зона станка будет иметь V-образную форму (рис. 4.24, *б*), способствующую уменьшению погрешностей геометрической формы в процессе обработки. Чем больше превышение h центра заготовки над линией центров кругов, тем лучше исправляется огранка, но значительно менее эффективно — овальность. Поэтому при выборе значения h следует исходить из необходимости исправления как трехгранности, так и овальности. Большинство заготовок, за исключением длинных и тонких (типа прутков), все же устанавливают выше линии центров.

Значения h, рекомендуемые для станков с высокими шлифовальными кругами, указаны ниже.

Диаметр заготовки, мм	10	20	30	40	50
h, мм	5...6	6...7	7...8,5	8...10	9...11,5

Продолжение

Диаметр заготовки, мм	60	70	80	90	100
h, мм	10...13	11...14	11...16	12...17	13...18

Перед установкой опорного ножа необходимо найти линию центров шлифовального и ведущего кругов, которую определяют следующим образом. Сначала выключают вращение шлифовального и ведущего кругов. Затем берут шлифованный валик, диаметр которого соответствует диаметру заготовки, и пропускают его между кругами. Круги сближают до тех пор, пока валик не повиснет между ними; при легком нажатии он должен проваливаться. Точки касания заготовки с кругами при этом будут находиться на линии центров.

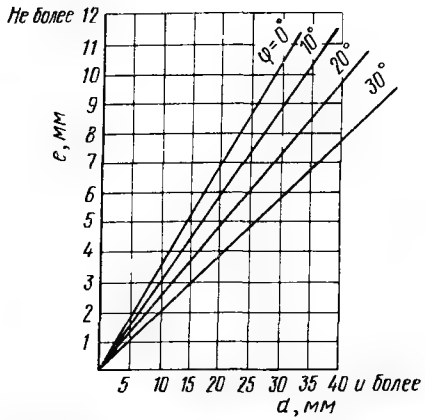


Рис. 4.25. Номограмма для расчета бокового зазора между шлифовальным кругом и опорным ножом

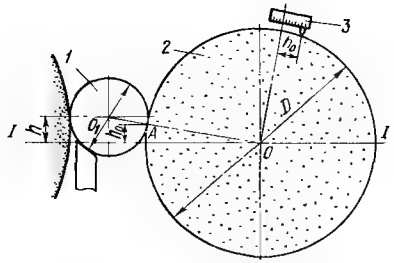


Рис. 4.26. Схема установки правящего инструмента при правке ведущего круга:
1 — обрабатываемая заготовка, *2* — ведущий круг, *3* — правящий алмазный инструмент

После того как точка касания на шлифовальном круге будет отмечена, опорный нож устанавливают в предварительно очищенный паз суппорта и слегка закрепляют. Зазор между шлифовальным кругом и боковой поверхностью ножа выбирают по номограмме (рис. 4.25).

Расстояние от линии центров до рабочей кромки ножа рассчитывают по формуле $h_1 = K(d/2) = h + K_1 e$, где d — диаметр обрабатываемой заготовки, мм; h — превышение центра заготовки над линией центров кругов, мм; e — боковой зазор между режущей поверхностью шлифовального круга и боковой поверхностью ножа (см. рис. 4.25); K и K_1 — коэффициенты, значения которых указаны ниже.

Угол скоса ножа, град	0	10	20	30	40
K	1	0,84	0,7	0,58	0,47
K_1	0	0,18	0,36	0,58	0,84

Параллельность ножа и оси шлифовального круга проверяют пробным шлифованием. Если нож установлен параллельно оси круга, заготовка будет вращаться вдоль ножа либо вперед, либо назад — в зависимости от того, в какую сторону наклонен нож. При этом следует выверить параллельность ножа с помощью прокладок, подкладывая их под нож или суппорт. После выверки целесообразно измерить вылет ножа на переднем и заднем концах и при очередной смене устанавливать нож на ту же высоту.

Правка ведущего круга. Чтобы ведущий круг при наклонном положении правильно и непрерывно прилегал к заготовке, необходимо скорректировать положение правящего инструмента с учетом положения обрабатываемой заготовки относительно линии центров кругов (рис. 4.26). Для этого требуется знать расстояние h_0 от точки A контакта ведущего круга с заготовкой до линии центров *I — I*. Оно зависит от превышения h центра заготовки над линией центров

chipmaker.ru

кругов и определяется по формуле $h_0 = Dh\ (D+d)$, где D — диаметр ведущего круга, мм; h — превышение центра заготовки над линией центров кругов, мм; d — диаметр обрабатываемой заготовки, мм.

Одним из факторов, определяющих силу прижима заготовки к ведущему кругу, является угол наклона опорной поверхности ножа. Наиболее распространенными являются ножи с углом наклона опорной поверхности, не превышающим 30°, хотя в отдельных случаях этот угол может составлять 45°.

Для обеспечения продольной подачи заготовки ведущий круг устанавливают так, чтобы его ось располагалась под углом к оси шлифовального круга. Если при этом ведущий круг имеет форму цилиндра, то он соприкасается с цилиндрической заготовкой лишь в одной точке. Для обеспечения контакта по непрерывной прямой линии ведущему кругу следует придать определенную форму. Приближенно можно считать, что этому условию удовлетворяет гиперболоид вращения, представляющий собой поверхность, образованную вращением прямой линии вокруг оси, скрещенной с ней, но не пересекающей ее.

При правке ведущего круга правящее устройство устанавливают следующим образом: его державку смещают на расстояние h_0 вправо от нуля, если центр заготовки находится выше линии центров кругов, и влево от нуля, если он находится ниже. Правку осуществляют по копирной линейке. Привод ведущего круга при этом включают на максимальную частоту вращения, струя охлаждающей жидкости направляется на круг. Устройство для правки подводят к ведущему кругу и, плавно вращая маховик, осуществляют один двойной ход алмазного инструмента вдоль всей высоты круга, после чего включают автоматическую продольную подачу со скоростью 0,2...0,3 м/мин. После каждого прохода подают правящий инструмент на круг на 0,01...0,02 мм, что соответствует одному-двум делениям шкалы.

Наладка бабки ведущего круга. Точность формы готовых деталей и производительность обработки в значительной степени зависят от правильной наладки бабки ведущего круга. Сначала следует установить ее в нулевое положение, при котором линия контакта ведущего круга со столбом заготовок будет параллельна образующей шлифовального круга. Для этого берут одну заготовку и устанавливают ее в рабочей зоне сначала на одном, а потом на другом конце ножа. Одинаковый зазор между заготовкой и шлифовальным кругом обеспечивается поворотом корпуса ведущей бабки в горизонтальной плоскости с помощью специальных винтов на заднем конце бабки. Затем проверяют правильность установки бабки. Для этого на обоих концах ножа располагают по одной заготовке одинакового диаметра (разность диаметров — не более 3...5 мкм), включают оба шпинделя и осторожно подводят шлифовальный круг до соприкосновения с заготовками. При правильной установке ведущей бабки шлифовальный круг должен коснуться обеих заготовок одновременно.

Чтобы в рабочей зоне столб заготовок был плотным, требуется обеспечить подпор заготовок как на входной, так и на выходной сторонах. Наиболее простым способом создания подпора на входной стороне является применение валкового загрузочного устройства, обеспечивающего скорость перемещения заготовок, превышающую скорость продольной подачи на станке: чем больше разность этих скоростей, тем больше сила подпора. Чтобы создать подпор (противодавление) со стороны выхода обработанных заготовок, некоторое количество последних оставляют на выходных направляющих щечках. Суммарная сила трения

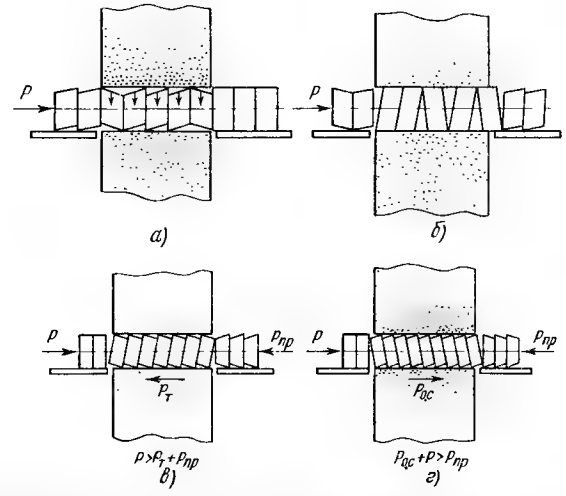


Рис. 4.27. Влияние силы подпора в потоке шлифуемых коротких заготовок на точность обработки:

а, б – соответственно при плотном и неплотном столбах заготовок, *в, г* — при подпоре соответственно с входной и выходной сторон; P — сила, действующая на заготовки, $P_{пр}$ сила противодействия, $P_т$ – сила трения, $P_{о.с}$— сила относительного сопротивления

этих заготовок о щечки и нож противодействует движению столба деталей и обеспечивает его уплотнение. Чем большее количество обработанных заготовок находится на выходных направляющих линейках, тем больше противодавление.

На рис. 4.27, *а, б* показаны схемы шлифования заготовок с исходным отклонением от перпендикулярности обрабатываемой поверхности торцу при плотном и неплотном столбах заготовок. Хороший подпор обеспечивает уменьшение указанного отклонения в процессе обработки.

Даже при правильной геометрической форме заготовок детали могут получаться коническими при неправильном соотношении сил подпора. Если подпор со стороны входа заготовок значительно больше, чем со стороны выхода готовых деталей, продольная подача заготовок обеспечивается не ведущим кругом, а силой подпора. При этом ведущий круг будет затормаживать заготовку, что вызовет ее перекос (рис. 4.27, *в*), а шлифовальный круг произведет несколько больший съем металла с заднего конца заготовки – последняя приобретает форму конуса с бóльшим диаметром у переднего торца. При значительном увеличении подпора торможение заготовки ведущим кругом будет уже настолько интенсивным, что перекос последней произойдет относительно второго торца. При этом со стороны входа заготовок происходит перекос последних в обратном направлении (рис. 4.27, *г*) и детали имеют форму конуса с меньшим диаметром у переднего торца.

Установка направляющих линеек. Направляющие линейки устанавливают параллельно ведущему кругу с помощью контрольного валика, диаметр которого равен диаметру заготовки, подлежащей обработке, а длина — сумме высоты шлифовального круга и длин входной и выходной линеек. При выверке параллельности контрольный валик помещают на опорный нож, по скосу которого он скатывается до соприкосновения с ведущим кругом (направляющие линейки,

chipmaker.ru

расположенные со стороны ведущего круга, предварительно отводят для образования между ними и контрольным валиком зазора 0,3...0,5 мм). После соприкосновения, для того чтобы валик не отжимался, его поджимают к образующей ведущего круга. Затем одну из линеек (со стороны ведущего круга) подводят к контрольному валику и щупом проверяют параллельность их расположения. Отклонение от параллельности устраняют прокладками, которые подкладывают под направляющую линейку. Допускаемое отклонение от параллельности линеек ведущему кругу не должно превышать 0,01...0,02 мм на длине линейки.

Этим же способом выверяют параллельность второй направляющей линейки со стороны ведущего круга. Направляющие линейки, расположенные со стороны шлифовального круга, не влияют на точность обработки, поэтому на параллельность их не выверяют. На входе расстояние направляющей линейки от образующей ведущего круга должно быть равным половине снимаемого припуска на диаметр. На выходе линейка должна располагаться заподлицо с ведущим кругом. Проверку выполняют непосредственно по шлифуемой заготовке. Установка линейки на входе считается правильной, если при передвижении в рабочую зону заготовка слегка задевает торец ведущего круга и с наибольшим усилием входит в зону шлифования. При обратном движении в сторону линейки на входе заготовка должна свободно выйти из зоны шлифования, не задевая линейку. Положение направляющей линейки на выходе должно быть таким, чтобы при выходе из зоны шлифования заготовка не упиралась в торец линейки, а при движении в обратном направлении — в торец ведущего круга.

Во время установки направляющих линеек контрольный валик не должен касаться шлифовального круга.

Окончательная правка шлифовального круга. Правку выполняют алмазным инструментом с использованием копирной линейки, по которой скользит упор, прижимаемый к ней пружиной, или копирный палец. При врезном шлифовании копирная линейка имеет профиль, соответствующий конфигурации детали. При правке конических кругов применяют либо прямую линейку, либо (для повышения производительности и качества обработки) линейку, которая придает рабочей зоне рациональный профиль. Так, на станках с кругом малой высоты копирная линейка обычно имеет заборный, режущий и калибрирующий участки. Форму калибрующей части подбирают в процессе наладки станка путем изгиба задней разрезной части линейки в ту или иную сторону. В калибрующей части припуск снимается главным образом за счет упругих деформаций системы и тепловой деформации заготовок.

Обратный конус выполняют в целях устранения подрезов заготовок торцом шлифовального круга. Для получения обратного конуса на линейке делают скос с уклоном 1 : 100 по отношению к плоскости калибрующей зоны. Длина обратного конуса составляет 15...20 мм.

Требуемую скорость продольного перемещения алмазного инструмента, регулируемую бесступенчато, устанавливают регулировкой частоты вращения электродвигателя при электрическом приводе или поворотом винта — при гидравлическом. Во избежание поломки алмазный инструмент в процессе правки следует подводить к середине круга. Операцию нужно выполнять с обильным охлаждением непосредственно зоны правки. Дефекты, возможные при бесцентровом шлифовании, причины их возникновения и способы устранения указаны в табл. 4.7.

4.7. Дефекты при бесцентровом шлифовании, причины их возникновения и способы устранения

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения	Метод обработки
Разброс размеров	Повышенные зазоры шпинделя ведущего или шлифовального круга	Подтянуть подшипники шпинделя ведущего или шлифовального круга	Все виды шлифования
	Слабая затяжка клиньев салазок бабки ведущего круга	Подтянуть соответствующие клинья	
	Проскальзывание ремней привода шлифовального круга	Увеличить натяжение ремней привода шлифовального круга	
	Недостаточная подача охлаждающей жидкости в зону шлифования	Увеличить количество охлаждающей жидкости, подаваемой в зону шлифования	
Отклонения от геометрической формы деталей и срезы на поверхности	Неправильная установка входных направляющих линеек (конус на переднем конце детали)	Передвинуть входную направляющую линейку влево от образующей ведущего круга	Продольное шлифование
	Неправильная установка направляющих линеек на выходе (конус на заднем конце детали)	Передвинуть направляющую линейку на выходе влево от образующей ведущего круга	
Конусность	Выработка или отклонение от прямолинейности опорного ножа	Сменить опорный нож	Все виды шлифования
	Неправильная правка шлифовального круга	Проверить установку салазок устройства для правки и выправить шлифовальный круг	Врезное шлифование цилиндрических заготовок
	Отжим устройства для правки шлифовального круга	Подтянуть клинья салазок устройства для правки шлифовального круга	Врезное шлифование
Вогнутость	Неправильная установка направляющих линеек (наклон в сторону шлифовального или ведущего круга)	Установить линейки параллельно оси шлифовального круга	Продольное шлифование

chipmaker.ru

Продолжение табл. 4.7

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения	Метод обработки
Вогнутость	Неправильная правка ведущего круга Неправильная установка опорного ножа	Качественно выправить ведущий круг Установить опорный нож в соответствии с требованиями	Все виды шлифования
Отклонение от перпендикулярности наружной поверхности торцам	Наличие зазора между заготовками в рабочей зоне Применение слишком твердого круга Затупление шлифовального круга Недостаточный подпор заготовок	Увеличить подпор заготовок Установить круг меньшей твердости Произвести правку шлифовального круга Увеличить подпор заготовок	Продольное шлифование
	Забоины на торцах Неправильная установка упора на суппорте врезного шлифования	Зачистить торцы Установить упор в центре заготовки или ближе к шлифовальному кругу	Врезное шлифование
Овальность	Неправильное взаимное расположение торцов шлифовального и ведущего кругов Металлический налет на поверхности ведущего круга Затупление шлифовального круга Недостаточно эффективное охлаждение	Проверить взаимное расположение торцов кругов и установить круги в нужном положении Выправить ведущий круг Выправить шлифовальный круг Увеличить количество охлаждающей жидкости, подаваемой в зону шлифования	Все виды шлифования
Огранка	Недостаточная высота подъема центра заготовки по отношению к линии центров кругов Чрезмерная затяжка шпинделя ведущего круга (замедляется вращение)	Поднять опорный нож с помощью прокладок Уменьшить затяжку подшипников ведущего круга	
	Завышенная сила тяги заготовки в осевом направлении, приводящая к большим давлениям на упор и замедлению вращения	Установить угол поворота ведущего круга 0,5°; если усилие тяги не уменьшится, проверить параллельность опорного ножа оси шлифовального круга	Врезное шлифование
Неправильный угол конуса	Неправильная установка опорного ножа Неправильная установка копирной линейки или угла поворота устройства для правки шлифовального круга Повышенное изнашивание шлифовального круга	Проверить правильность установки опорного ножа и параллельность осей заготовки и шлифовального круга Отрегулировать положение копирной линейки или угол поворота устройства для правки шлифовального круга Установить круг большей твердости	Врезное шлифование конуса
Неправильный радиус шара	Неправильная правка радиусной выточки шлифовального круга	Передвинуть устройство для правки круга в державке в нужную сторону и выправить шлифовальный круг	Врезное шлифование шара
Искажение шаровой поверхности	Неправильная установка ведущего круга по отношению к шлифовальному Выработка (изнашивание) ведущего круга	Проверить, чтобы ведущий круг был расположен на середине радиусной выточки шлифовального круга Выправить ведущий круг	
Срез лыски на поверхности заготовок	Неправильная установка направляющих щечек	Передвинуть входную направляющую щечку вправо от образующей ведущего круга (при срезе на переднем конце заготовки) Установить строго параллельно направляющую щечку на выходе, а также проверить расположение ее по отношению к образующей ведущего круга	Шлифование напроход

chipmaker.ru

Продолжение табл. 4.7

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения	Метод обработки
Дефекты поверхности: кольцевые спиральные царапины	Расположение центра заготовки ниже линии центров кругов Пониженная твердость опорной поверхности ножа, приводящая к налипанию металла и абразивной пыли Загрязнение охлаждающей жидкости	Поднять заготовку, что уменьшит давление на нож Установить нож большей твердости Очистить бак для СОЖ и заполнить чистой охлаждающей жидкостью	
огранка	Дисбаланс шлифовального круга Неправильный выбор характеристики круга Затупление шлифовального круга Повышенный зазор в подшипниках шлифовального или ведущего круга Завышенная окружная скорость ведущего круга Изнашивание ведущего круга Неплотная посадка планшайбы с кругом на конусе шпинделя Недостаточная жесткость опорного ножа Высокое расположение опорного ножа Отклонение от прямолинейности или выработка опорного ножа	Произвести повторную балансировку круга Заменить круг Произвести повторную правку круга Отрегулировать зазоры в подшипниках Уменьшить окружную скорость ведущего круга Произвести правку ведущего круга Проверить прилегание посадочного отверстия к конусу шпинделя по краске Увеличить толщину опорного ножа и усилить жесткость крепления Опустить опорный нож Сменить нож	Все виды шлифования
прижоги	Неустойчивое положение и свисание заготовки с ножа	Применить люнеты или поддерживающее приспособление	Врезное шлифование

Продолжение табл. 4.7

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения	Метод обработки
	Слишком высокая твердость шлифовального круга Низкая окружная скорость вращения заготовки Недостаточное охлаждение Низкая продольная подача при правке шлифовального круга	Заменить шлифовальный круг на более мягкий Увеличить окружную скорость ведущего круга Увеличить количество охлаждающей жидкости, подаваемой в зону шлифования Увеличить продольную подачу при правке	Все виды шлифования
Неправильный угол конуса шлифуемого конического ролика	Изнашивание барабана Изнашивание шлифовального круга Неправильная установка ножа по высоте	Выправить барабан Выправить шлифовальный круг (если угол конуса ролика больше требуемого, выправить входную часть круга, если меньше — выходную) Если угол конуса ролика больше требуемого, нож следует опустить, если меньше — поднять	Шлифование конических роликов напроход
Большой разброс угла конуса шлифуемого конического ролика	Биение барабана Зазор в шпинделях Изнашивание опорного ножа	Устранить биение барабана Устранить зазор в шпинделях Сменить опорный нож	

chipmaker.ru

5. ОБРАБОТКА НА ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

5.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ГРУППЫ СТАНКОВ

Обработка отверстий на внутришлифовальных станках (круглое внутреннее шлифование) имеет следующие особенности:

значительно увеличивается по сравнению с круглым наружным шлифованием поверхность контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью и ухудшается подвод охлаждающей жидкости, вследствие чего возрастает тепловыделение и повышается опасность прижогов;

диаметр шлифовального круга ограничивается размером обрабатываемого отверстия; шлифовальный круг малого диаметра быстро изнашивается и требует частой правки;

сравнительно большой вылет шлифовального шпинделя и его малый диаметр (ограниченный диаметром круга) значительно снижают жесткость системы, приводят к ее упругим деформациям и ограничению режимов шлифования для получения точных деталей.

Указанные особенности ограничивают применение внутреннего шлифования.

Основными технологическими преимуществами внутреннего шлифования являются возможности исправления исходных погрешностей геометрической формы и положения оси отверстия, обработки на одной позиции отверстия и торца с обеспечением высокой точности их взаимного расположения, а также глухих, фасонных, конических и некруглых отверстий.

Внутришлифовальные станки разделяют на три группы:

станки обычного типа — вращаются обрабатываемая заготовка и шлифовальный круг, а продольные и поперечные подачи осуществляются перемещением шлифовального шпинделя или передней бабки (рис. 5.1, *а*);

станки планетарного типа — обрабатываемую заготовку (обычно крупногабаритную) устанавливают неподвижно на столе станка, а шлифовальный круг вращается вокруг своей оси и одновременно совершает планетарное движение вокруг оси обрабатываемого отверстия (рис. 5.1, *б*);

бесцентровые внутришлифовальные станки — обрабатываемая заготовка вращается тремя роликами, один из которых является ведущим (рис. 5.1, *в*), или магнитным патроном; эти станки целесообразно применять для шлифования

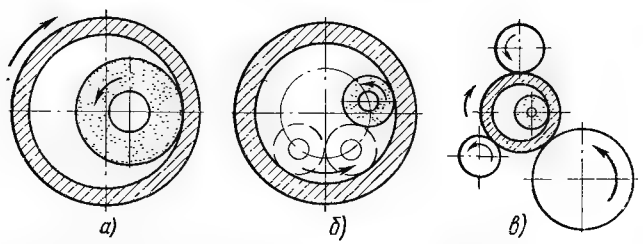


Рис. 5.1. Основные схемы шлифования, применяемые на внутришлифовальных станках обычного типа (*а*), планетарного типа (*б*) и бесцентровых (*в*)

заготовок тонкостенных деталей типа гильз и колец шарикоподшипников, где обрабатываемое отверстие копирует форму наружной базовой поверхности, чем обеспечивается равностенность полой детали.

5.2. ОСОБЕННОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

Отверстия на внутришлифовальных станках обрабатывают напроход и врезанием (без продольных подач). Врезным шлифованием обрабатывают короткие, фасонные и глухие отверстия, не имеющие канавки для выхода круга. Во всех остальных случаях применяют осциллирующее шлифование напроход, обеспечивающее более высокую точность и меньшую шероховатость поверхности. Примеры обработки отверстий на внутришлифовальных станках показаны на рис. 5.2.

Шлифование напроход ведется, как правило, в одну операцию. В условиях серийного и массового производства на внутришлифовальных станках обеспечиваются точность обработки, соответствующая 6...7-му квалитетам, и шероховатость поверхности Ra=1,2...2,5 мкм (при длительном выхаживании достигается шероховатость Ra=0,4...0,6 мкм). Учитывая малую жесткость шпинделя шлифовального круга и его малый диаметр, необходимо на операциях внутреннего шлифования снимать минимальные припуски (табл. 5.1). Диаметр круга выбирают наибольший, допустимый диаметром обрабатываемого отверстия. Соотношения между диаметром круга и диаметром шлифуемого отверстия приведены ниже.

Диаметр шлифуемого отверстия, мм	до 30	30...80	80...125	125...160	160...200	200...250
Отношение диаметра шлифовального круга к диаметру отверстия	0,95	0,9	0,85...0,8	0,75	0,7	0,65

Высоту круга выбирают в зависимости от длины обрабатываемого отверстия, т. е. длины шлифования (см. ниже).

Длина шлифования, мм	10	12	16	20	25	32	40	50	60	80
Высота круга, мм	8	10	13	16	20	25	32	40	50	63

При обработке малых отверстий (∅<30 мм) диаметр шлифовального круга выбирают на 1,5...3 мм меньшим диаметра шлифуемого отверстия. Это обусловлено увеличением режущей поверхности инструмента и возможностью применения шпинделя большего диаметра. При такой малой разнице между диаметрами круга и отверстия увеличивается поверхность контакта круга с заготовкой, что

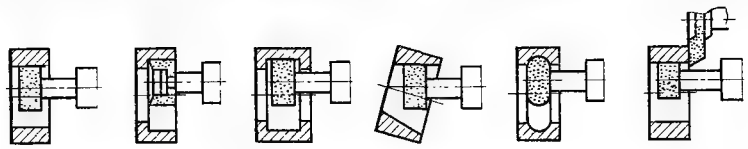


Рис. 5.2. Схемы шлифования отверстий на внутришлифовальных станках

chipmaker.ru

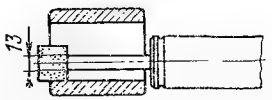
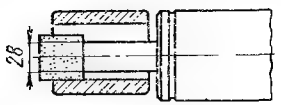
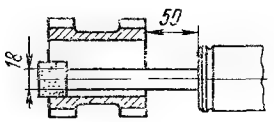
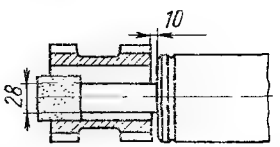
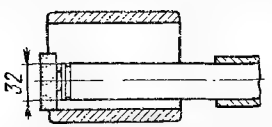
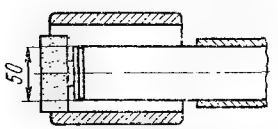
5.1. Припуск (мм) на шлифование отверстий (по диаметру)

Диаметр отверстия, мм	Длина отверстия, мм						
	До 25	25...50	50...100	100...150	150...200	200...300
До 10	0,07...0,1	0,1...0,12	—	—	—	—
10...18	0,12...0,15	0,12...0,15	0,15...0,18			
18...30		0,15...0,18	0,18...0,22	0,2...0,25		
30...50	0,18...0,22	0,22...0,27	0,25...0,3	0,25...03	0,3...0,35	0,4...0,5
50...80	0,2...0,25	0,25...0,3		0,35...0,4	0,4...0,45	0,45...0,55
80...120	0,25...0,3		0,3...0,35	0,4...0,45	0,45...0,5	0,5...0,6
120...180	0,3...0,35	0,35...0,4	0,4...0,45	0,45...0,5	0,55...0,6	0,5...0,65
180...250	0,4...0,45	0,45...0,5	0,45...0,5	0,5...0,55	0,6...0,65	0,65...0,75
Свыше 250	0,4...0,5	0,5...0,55	0,5...0,55	0,5...0,6	0,6...0,7	

приводит к концентрации теплоты на обрабатываемой поверхности. Обрабатывая материалы, склонные к прижогам и трещинам, для уменьшения тепловыделения применяют более мягкие круги открытой структуры, снижают скорости шлифования. При обработке отверстий диаметром свыше 200 мм диаметр круга в основном определяется диаметром шпинделя шлифовальной бабки

На качество и производительность шлифования оказывает значительное влияние выбор диаметра и вылета шпинделя шлифовального круга. Примеры правильного и неправильного выбора диаметра и длины консоли шпинделя шлифовального круга приведены в табл. 5.2.

5.2. Примеры выбора диаметра и длины консоли шпинделя шлифовального круга

Неправильно	Правильно
Шпиндель слишком малого диаметра, склонен к упругим деформациям, в связи с чем производительность съема припуска уменьшится в несколько раз по сравнению с соответствующей производительностью при правильно выбранном диаметре шпинделя 	Более жесткий шпиндель позволит применить круг большего диаметра, благодаря чему увеличится производительность съема припуска без упругих деформаций шпинделя 
Слишком большой вылет шпинделя приведет к снижению производительности съема припуска 	Консольная часть шпинделя достаточно жесткая и длина его вылета обеспечивает необходимую глубину входа шлифовального круга в отверстие 
Уменьшенный диаметр и удлиненная консольная часть шпинделя приведут к снижению производительности съема припуска 	Жесткий, увеличенного диаметра шпиндель обеспечит производительный съем без упругих деформаций 

При малой жесткости шпинделя станка увеличение окружной скорости шлифовального круга особенно влияет на повышение производительности, точности и снижение шероховатости поверхности. Выбор скорости шлифовального круга ограничивается опасностью появления прижогов вследствие большой поверхности контакта круга с заготовкой и уменьшенной подачи охлаждающей

chipmaker.ru

жидкости. Рекомендуются следующие окружные скорости (м/с) шлифовального круга при внутреннем шлифовании различных материалов: стали конструкционные и низколегированные — 30...60; стали высоколегированные, труднoшлифуемые — 20...25; чугуны — 20...30; твердые сплавы — 12...20; цветные металлы — 20...30; стекло — 8...12; пластмассы и резина — 15...20.

Окружная скорость заготовки должна составлять 0,015...0,03 от соответствующей скорости шлифовального круга, при этом бо́льшие значения выбирают при шлифовании материалов, склонных к прижогам и трещинам. При шлифовании с продольной подачей перебег круга с каждой стороны должен составлять $^1/_3$...$^1/_2$ (не более) высоты круга. Круг выводят из отверстия лишь по окончании шлифования или при необходимости правки.

Продольную подачу обычно выбирают в зависимости от высоты круга: она не должна превышать $^3/_4$ высоты на один оборот заготовки.

Число двойных ходов стола и частота вращения заготовки не должны составлять передаточного отношения, равного целому числу.

5.3. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКИ

В зависимости от характера базирования (установки и зажима) обрабатываемой заготовки различают внутреннее шлифование центровое и бесцентровое. При центровом шлифовании заготовку устанавливают в патроне, при этом отклонение от круглости и биение отверстия во многом зависят от состояния зажимного устройства и передней бабки станка. Если заготовку базируют бесцентровым способом, эти факторы не оказывают влияния на точность обработки, однако при бесцентровом внутреннем шлифовании предъявляют более высокие требования к качеству базовой опорной поверхности заготовки.

На внутришлифовальных станках применяют кулачковые и мембранные патроны. Кулачковые патроны, широко используемые в условиях единичного и мелкосерийного производства, допускают обработку заготовок с большим диапазоном установочных наружных диаметров.

В условиях массового и серийного производства целесообразно применять мембранные патроны, обеспечивающие более точную установку обрабатываемой заготовки. Основным достоинством мембранных патронов является простота конструкции и изготовления, а также отсутствие быстроизнашивающихся подвижных деталей (характерных для кулачковых патронов), благодаря чему они длительно работают, сохраняя точность установки заготовок на станке. Точное центрирование заготовки и ее малая деформация при зажиме обеспечивают высокую размерную и геометрическую точность обрабатываемого отверстия.

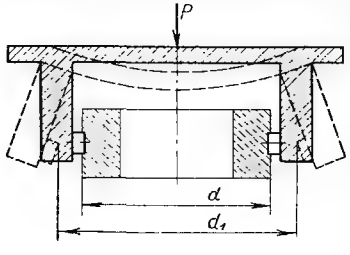


Рис. 5.3. Принцип действия мембранного патрона

Принцип действия мембранного патрона показан на рис. 5.3. Под действием силы P корпус патрона прогибается, вследствие чего кулачки раздвигаются до диаметра d_1. Поскольку этот диаметр больше диаметра d обрабатываемой заготовки, последнюю можно

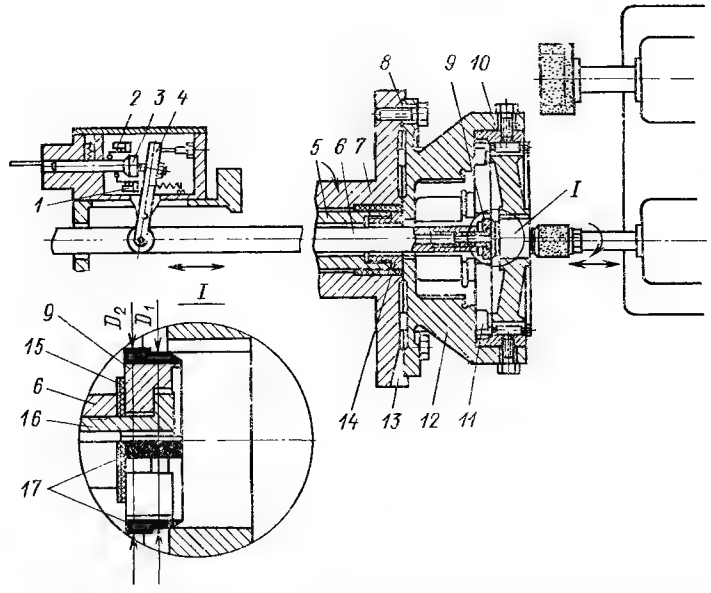


Рис. 5.4. Схема шлифования отверстия и торца заготовки зубчатого колеса с использованием мембранного кулачкового патрона:
1, 2 — микровыключатели, *3, 6* — штоки, *4* — рычаг, *5* — шток пневмоцилиндра, *7* — планшайба станка, *8* — посадочное гнездо, *9* — автокалибр, *10* — ролики, *11* — упорные пальцы патрона, *12* — корпус мембранного патрона, *13* — щели для удаления абразивной пыли, *14* — направляющая втулка, *15* — прокладка, *16* — болт, *17* — твердосплавные вставки

свободно установить в патроне. После отвода штока и прекращения действия силы P кулачки сближаются, удерживая обрабатываемую заготовку.

В зависимости от конструкции различают винтовые и кулачковые мембранные патроны: первые применяют для зажима заготовок ∅10...300 мм, вторые — ∅200...400 мм.

Работа мембранного *кулачкового* патрона показана на примере шлифования отверстия и торца заготовки зубчатого колеса (рис. 5.4). Под действием штока *5* пневмоцилиндра диск мембраны прогибается, кулачки раздвигаются и заготовка свободно входит в патрон. При отводе штока мембрана под действием сил упругости возвращается в исходное положение, кулачки сближаются и зажимают заготовку.

Базой при установке заготовки в патрон служат ее делительная окружность и торец. Во впадины зубьев устанавливаемой заготовки закладывают ролики *10*, затем заготовку вставляют до упора в неподвижные (упорные) пальцы *11* патрона, и кулачки зажимают ее по роликам. В целях удобства установки роликов применяют сепаратор *3*, в котором ролики *4* свободно вращаются на осях (рис. 5.5). Для прямозубых зубчатых колес применяют сепаратор с цельными роликами, а для косозубых — с роликами, навитыми в виде пружины.

Мембранный кулачковый патрон устанавливают на планшайбе *7* (см. рис. 5.4), посадочное гнездо которой шлифуют непосредственно на станке по

chipmaker.ru

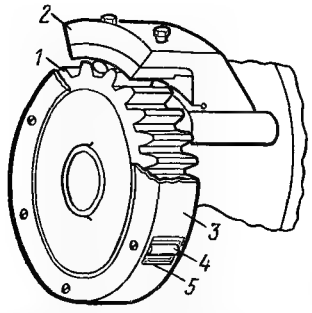


Рис. 5.5. Схема установки зубчатого колеса на роликах:
1 — зубчатое колесо, *2* — корпус мембранного патрона, *3* — сепаратор, *4* — ролики, *5* — окно для промывки

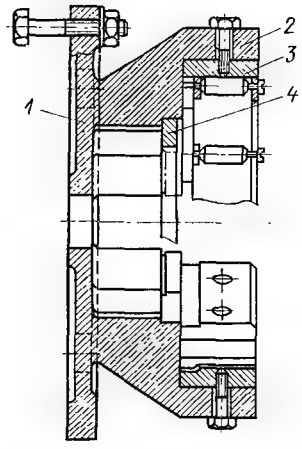


Рис. 5.6. Мембранный кулачковый патрон:
1 — диск, *2* — зажимные кулачки, *3* — сменные вкладыши, *4* — установочное кольцо

установочному диаметру патрона так, чтобы он входил в гнездо без зазора, а опорный торец не имел биения.

Базовые поверхности патрона шлифуют также непосредственно на станке. Внутреннюю поверхность вкладышей *3* (рис. 5.6) обрабатывают по установочному кольцу *4*. Диаметр последнего выбирают таким, чтобы при зажиме кольца в посадочном гнезде кулачки патрона сближались по диаметру на 0,08...0,12 мм. Этой величине должна равняться разность размеров внутреннего диаметра вкладышей при разжатом состоянии патрона и после зажима в нем установочного кольца.

Посадочное гнездо под кольцо *4* также шлифуют на месте по диаметру установочного кольца, когда патрон находится в сжатом состоянии. Торцовое биение кольца при установке не должно превышать 0,02 мм. Упорные пальцы *11* (см. рис. 5.4) патрона обрабатывают одновременно с вкладышами, торцовое биение их не должно превышать 0,01 мм. Внутреннюю поверхность вкладышей шлифуют до такого размера, при котором эталонное зубчатое колесо с роликами плотно входит в кулачки. Эталонное зубчатое колесо отбирают из числа производственных с наибольшей допустимой толщиной зубьев.

Точность установки зубчатого колеса в большой степени зависит от величины, на которую расходятся кулачки патрона: чем она меньше, тем точнее работает патрон. Практически не следует выбирать эту величину более 0,7 мм по диаметру.

Точность и надежность установки заготовки в патроне зависят от числа роликов в сепараторе. Так, при установке зубчатого колеса на шести роликах погрешности установки уменьшаются в 1,5...2 раза по сравнению с его установкой на трех роликах.

Перед установкой заготовки в патрон необходимо тщательно промыть

ролики, зубчатый венец и патрон, так как одной из главных причин погрешности установки является загрязнение посадочных мест абразивной пылью и металлической стружкой.

Наиболее широко мембранные *винтовые* патроны (рис. 5.7) применяют на операциях шлифования колец шарикоподшипников. Они отличаются большим числом кулачков *1*, расположенных по окружности, что способствует более точному центрированию заготовки. Вместо вкладышей в кулачки ввертывают винты *3*, которые после настройки на размер фиксируют гайками *2*.

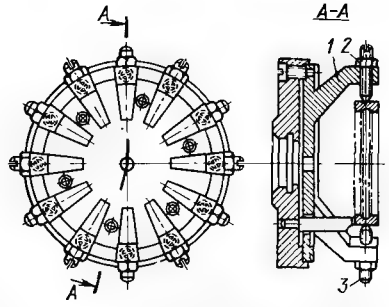


Рис. 5.7. Мембранный винтовой патрон

При бесцентровом базировании обрабатываемую заготовку устанавливают на трех роликах или в последнее время чаще — на жестких опорах (башмаках). Шлифование применяют при обработке отверстий в кольцах и втулках, имеющих шлифованный торец. Заготовка *1* опирается на башмаки *2* (рис. 5.8) и прижимается плоским шлифованным торцом к вращающейся планшайбе *3* шпинделя передней бабки роликами или электромагнитом. Заготовка на опорах *2* располагается эксцентрично планшайбе шпинделя. Этим обеспечивается проскальзывание между планшайбой *3* и заготовкой *1*, необходимое для прижима последней к опорам *2*. Кроме того, благодаря наличию силы трения между контактирующими поверхностями планшайбы и заготовки последняя приводится во вращение.

На рис. 5.9 показано устройство для базирования заготовки на башмаках. На корпусе бабки изделия *4* крепится подбашмачная плита *7*, на которой монтируется башмак *5* с двумя опорными вставками для базирования кольца *3*. Стакан *2*, установленный на магнитном патроне шпинделя *1*, фиксирует кольцо

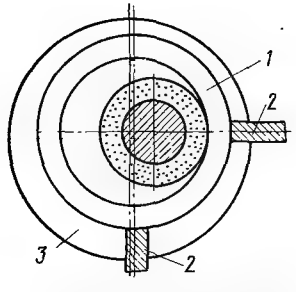


Рис. 5.8. Схема шлифования отверстия на жестких опорах (башмаках)

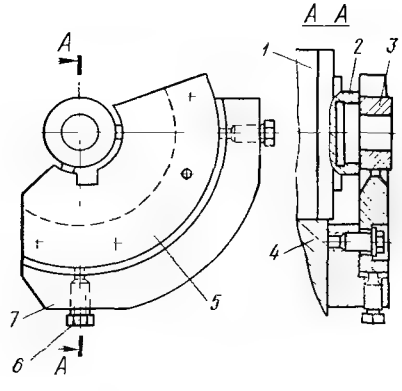


Рис. 5.9. Приспособление для базирования заготовки на башмаках

chipmaker.ru

3 в осевом направлении. Регулировочные винты *6* служат для обеспечения требуемого эксцентриситета кольца *3* относительно шпинделя *1* путем соответствующих перемещений башмака *5*.

Для крепления заготовки, обрабатываемой с базированием на башмаках, на вращающемся шпинделе бабки изделия применяют электромагнитные патроны с вращающейся и невращающейся электромагнитными системами.

5.4. КОНТРОЛЬ ДЕТАЛИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

На современных внутришлифовальных станках цикл шлифования осуществляется автоматически с применением средств активного контроля для управления циклом обработки и обеспечения заданных размеров детали. По мере приближения к заданному размеру механизм активного контроля дает команду исполнительным органам станка на уменьшение поперечной подачи круга, его правку, выхаживание и отвод. Активный контроль осуществляют, например, автокалибрами или рычажными следящими устройствами.

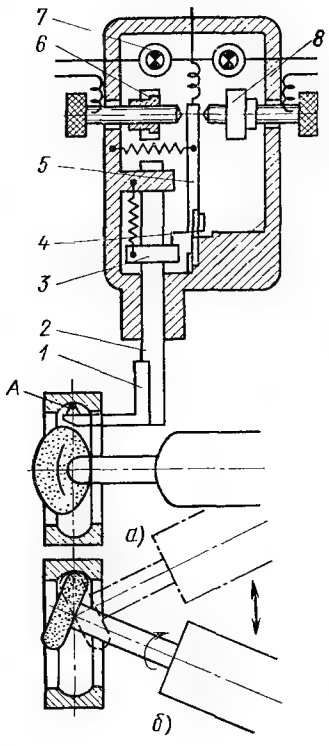
Использование автокалибров показано на примере шлифования отверстия в заготовке зубчатого колеса (см. рис. 5.4). Допуск на диаметр отверстия выдерживается в пределах 0,025 мм, биение базового торца относительно оси отверстия — до 0,05 мм. После установки заготовки в патроне оператор вручную подводит шлифовальный круг до соприкосновения с ней и переводит станок на автоматический режим работы. Далее процессом управляет механизм активного контроля. Шток с закрепленным на нем калибром *9* при своем возвратно-поступательном движении в полом шпинделе передней бабки подводит калибр в упор к шлифуемому отверстию со стороны базового торца заготовки.

Калибр выполнен ступенчатым. Когда диаметр отверстия достигает размера D_1, калибр входит в отверстие передней частью и через рычаг *4* и шток *3* размыкает контакт микровыключателя *1* в электроконтактной головке, сообщая при этом команду на правку круга. После правки шлифование продолжается. По достижении размера D_2 калибр полностью входит в отверстие, размыкает контакт микровыключателя *2* и шлифовальный круг отходит в исходное положение.

Для повышения точности работы применяют так называемые плавающие калибры. «Плавание» калибра обеспечивается с зазором 0,5 мм между штоком *6* и направляющей втулкой *14*, а также с зазором 0,05 мм посадки калибра *9* на болте *16*. Резиновая прокладка *15* предотвращает проникновение абразивной пыли в зазор. Для направления при входе в отверстие на калибре выполнена конусная заборная часть, а для уменьшения изнашивания рабочей поверхности припаяны твердосплавные вставки *17*. Плавающие калибры надежно обеспечивают точность измерения в пределах 7-го квалитета.

Измерение калибрами с нерабочей стороны заготовки позволяет использовать круг наибольшего диаметра и этим повысить производительность процесса. Измерительная поверхность калибра для контроля шлицевых отверстий выполняется сплошной, а для гладких отверстий — прерывистой.

Использование рычажно-следящего устройства показано на примере шлифования и контроля желобов колец шарикоподшипников (рис. 5.10, *а*, *б*). Измерительный рычаг *1* с алмазным наконечником *А* вводится в желоб. В процессе шлифования по мере увеличения диаметра желоба шток *2*



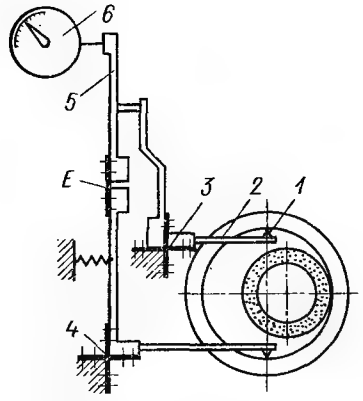


Рис. 5.11. Схема двухконтактного рычажного прибора для визуального измерения при внутреннем шлифовании

Рис. 5.10. Схемы измерения (*а*) и внутреннего шлифования (*б*) с использованием прибора активного контроля

поднимается, действием кольца *3* изгибает плоскую крестообразную пружину *4* и отклоняет подвижный контакт *5*. При отходе последнего от неподвижного контакта *6* дается команда исполнительным органам станка на переход с обдирочного шлифования на чистовое. В этот момент зажигается сигнальная лампочка *7*. По достижении заданного размера подвижный контакт *5* замыкается с неподвижным контактом *8*, и процесс шлифования прекращается.

Наиболее точным является двухконтактный рычажный прибор (рис. 5.11). Измерительные наконечники *1* через рычаги *2* под действием плоских пружин *3* и *4* соприкасаются со шлифуемой поверхностью. Суммарное перемещение обоих наконечников воспринимается рычагом *5*, закрепленным на плоской пружине в точке *E*, и передается миниметру *6*. Приборы с такой схемой измерения не требуют точной установки в вертикальном положении.

На рис. 5.12 показаны схемы двухконтактного измерения с механическим (*а*), пневматическим (*б*) и электрическим (*в*) суммированием перемещения измерительных рычагов. На первой схеме изменение рабочего зазора между пяткой *2* и соплом *3* равно сумме перемещений нижнего измерительного рычага *1* и соответственно закрепленной на нем пятки и верхнего измерительного рычага *5*, передающего движение через колодку *4* на сопло. При такой схеме исключается погрешность измерения, связанная с относительным смещением прибора и заготовки в направлении линии измерения, так как в этом случае перемещения

chipmaker.ru

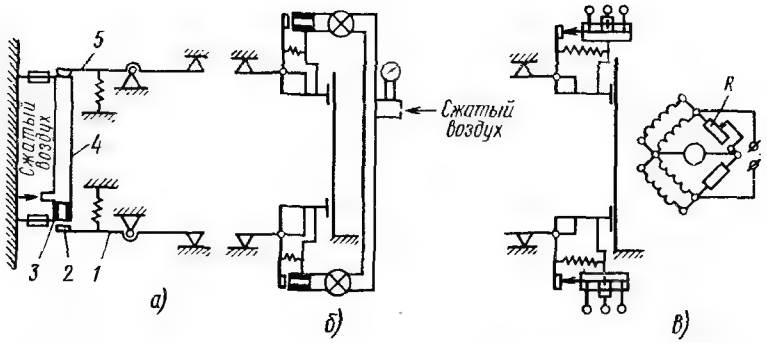


Рис. 5.12. Схемы двухконтактного измерения обрабатываемого отверстия при внутреннем шлифовании:
а — механическая, *б* — пневматическая, *в* — электрическая

сопла и пятки будут направлены в одну сторону и рабочий зазор не изменится. Схемы с механическим суммированием применяют для контроля отверстий диаметром до 200...250 мм; при контроле отверстий бо́льших диаметров применяют обычно приборы с двумя измерительными головками и с пневматическим или электрическим суммированием.

Когда применение прямого метода контроля невозможно или приводит к значительному усложнению контрольно-измерительного прибора (например, при обработке заготовок с широким диапазоном отверстий, малыми партиями, с частыми переналадками, с гладкой и прерывистой поверхностью), применяют косвенный метод контроля — до упора. Этот метод, основанный на обеспечении точности размера отверстия по вершине алмазного правящего инструмента, заключается в следующем. При установке правящего алмазного инструмента *3* (рис. 5.13) вершина его выставляется на строго определенную величину *C* по отношению к поверхности окончательно обработанного отверстия *1*. Величина *C* равна сумме припуска *B* на окончательное шлифование и толщины *A* слоя, снимаемого с поверхности шлифовального круга при правке, и составляет 0,02...0,25 мм. Так как припуск на чистовое шлифование может колебаться, расстояние режущей кромки круга *2* от поверхности окончательно обработанного отверстия *1* не будет постоянным. После правки круга выставленным алмазным инструментом расстояние от режущей кромки круга до поверхности обработанного отверстия будет всегда постоянным, равным *C*. При таком методе шлифования можно обеспечить точность обработанного отверстия в пределах 0,02 мм при условии правильной установки правящего инструмента по оси и периодической компенсации его износа.

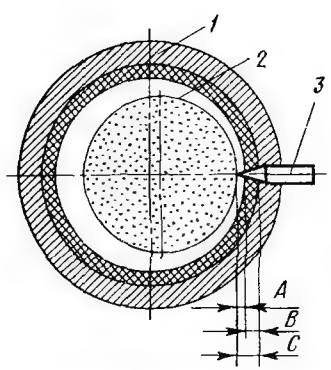


Рис. 5.13. Схема обеспечения точности размера отверстия по вершине алмазного правящего инструмента

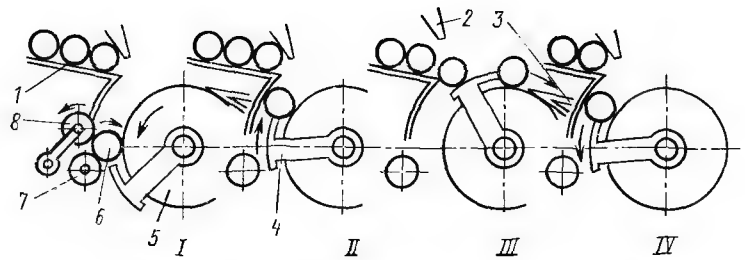


Рис. 5.14. Схема действия механизма автоматической загрузки заготовок и разгрузки готовых деталей при обработке на внутришлифовальном станке

Рычажно-следящие устройства используют на операциях, где нужно обеспечить 5...6-й квалитеты точности, а также при шлифовании отверстий больших диаметров (100 мм и более), глухих отверстий и внутренних сферических поверхностей. Автокалибры применяют при обработке по 7-му квалитету точности отверстий диаметром до 100 мм, а также отверстий, имеющих шлицы и шпоночные канавки. На менее точных операциях (10-й квалитет и выше) циклом шлифования можно управлять без устройств активного контроля, применяя косвенный метод.

Примером обработки в автоматическом цикле (до упора) является шлифование отверстий в кольцах шарикоподшипников (рис. 5.14) с использованием механизма автоматической загрузки — разгрузки. Заготовки, подлежащие обработке, загружают в наклонный лоток *1*. Шлифуемая заготовка *6* базируется на трех роликах *5*, *7*, *8* и вращается от ведущего ролика *5* (положение *I*). По окончании шлифования нажимный ролик *8* отводится от обработанной заготовки, кулиса *4* поворачивается по часовой стрелке и своим плечом выносит готовую деталь из рабочей зоны на разгрузочный лоток *3* (положения *II* и *III*).

В конце хода кулисы *4* поднимается упор *2*, нижняя заготовка скатывается из лотка *1* на периферийную поверхность кулисы (положение *III*), затем кулиса опускается и вносит заготовку в рабочую зону на ролики *5* и *7* (положение *IV*). Подобные наладки станка позволяют его использовать для шлифования колец и втулок с цилиндрическим и коническим отверстиями.

Дефекты, наиболее часто встречающиеся при обработке на внутришлифовальных станках, причины их возникновения и способы устранения указаны в табл. 5.3.

5.3. Дефекты обработки на внутришлифовальных станках, причины их возникновения и способы устранения

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
При шлифовании в патроне		
Увеличенное отверстие	Неправильная наладка калибров или измерительно-управляющего устройства	Правильно наладить калибры и измерительно-управляющее устройство

Chipmaker.ru

chipmaker.ru

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Увеличенное отверстие	Недостаточное натяжение пружины, прижимающей калибры к отверстию	Усилить натяжение пружины
	Загрязненные контакты	Промыть контакты
	Некачественная правка	Проверить, достаточный ли слой снимается с круга при правке и правильно ли выбрана продольная подача; качественно выполнить правку
Уменьшенное отверстие	Неправильная наладка калибров или измерительно-управляющего устройства	Правильно наладить калибры и измерительно-управляющее устройство
	Изношенность калибров	Сменить калибры
	Большой съем припуска при правке	Уменьшить съем припуска при правке
	Завышенная продольная подача круга	Отрегулировать продольную подачу
	Перегрев заготовки	Проверить систему охлаждения — устранить засоры и обеспечить требуемую подачу охлаждающей жидкости
Конусность отверстия	Неправильный выход круга из отверстия	Отрегулировать ход стола так, чтобы перебег круга за торцы заготовки составлял $^1/_3$ его высоты
	Неправильные ход стола и реверсирование	Проверить гидропривод стола, форму цилиндра подачи, правильность работы реверса, качественность манжет и др.; устранить имеющиеся дефекты
	Неправильная установка шлифовальной бабки	Выверить положение шлифовальной бабки
	Заниженный диаметр круга	Установить круг большего диаметра
	Большой отжим шпинделя	Заменить шпиндель более жестким и снизить параметры режима шлифования
Овальность отверстия	Проскальзывание ремней привода шлифовального круга	Снизить поперечную подачу
	Неравномерная подача, осуществляемая рывками	Наладить механизм подачи
	Овальность отверстий заготовок, превышающая припуск	Отбраковать дефектные заготовки
	Повышенная овальность наружной поверхности заготовок	То же
	Некачественное шлифование патрона	Прошлифовать патрон на станке
	Наличие грязи в патроне	Промыть патрон

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Овальность отверстия	Чрезмерный зажим заготовки, вызывающий ее деформацию	Уменьшить силу зажима
	Износ подшипников шпинделей	Сменить подшипники
	Слабое натяжение ремней шлифовальной бабки или бабки изделия	Усилить натяжение ремней
Отклонение от перпендикулярности торца детали к оси ее отверстия	Изнашивание упоров фланца	Прошлифовать фланец
Эксцентричность отверстия	Биение патрона	Прошлифовать патрон на станке
Разброс размеров деталей в партии	Различный размер фасок, вызывающий неодинаковое вхождение калибра в отверстие	Следить за обеспечением одинакового размера фасок заготовок в партии
Повышенная шероховатость поверхности и следы вибрации	Повышенная частота вращения заготовки	Уменьшить частоту вращения заготовки
	Повышенная скорость стола	Уменьшить скорость стола
	Применение слишком крупнозернистого круга	Установить более мелкозернистый круг
	Некачественная правка круга	Проверить режимы правки и наладить правящее устройство; выправить круг качественно
	Вибрация шпинделя шлифовального круга или заготовки	Устранить вибрацию
Прижоги	Применение слишком твердого круга	Установить круг меньшей твердости
	Завышенная поперечная подача	Установить требуемую подачу
При бесцентровом зажиме		
Овальность отверстия	Овальность наружной поверхности заготовки	Отбраковать дефектные заготовки
	Большое биение роликов или торца магнитного патрона; неправильное касание поверхности детали с башмаками	Перебрать ролики и прошлифовать их; подтянуть или заменить подшипники шпинделя ведущего ролика; прошлифовать магнитный патрон и опорные поверхности башмаков
Конусность отверстия	Неправильная установка центра заготовки	Установить центр заготовки в соответствии с требованиями
	Не обеспечена правильность формы круга при правке	Наладить устройство для правки круга
	Большие колебания в припусках	Разбраковать заготовки по припуску
	Применение слишком мягкого круга	Установить круг большей твердости

chipmaker.ru

Продолжение табл. 5.3

Дефект	Причина возникновения	Способ устранения
Конусность отверстия	Большое биение шпинделя шлифовального круга	Проверить биение шпинделя, подтянуть или заменить подшипники
Отклонение от перпендикулярности торца детали к оси ее отверстия	Повышенное отклонение от перпендикулярности торца заготовки к оси ее отверстия	Проверить заготовки и отбраковать дефектные
	Неправильный разворот ведущего ролика в вертикальной плоскости	Проверить угол разворота и выполнить соответствующую наладку
	Отклонение от перпендикулярности торца к оси магнитного патрона	Прошлифовать магнитный патрон
	Повышенное биение опорной втулки	Проверить биение втулки и прошлифовать ее
	Сила прижима заготовок в осевом направлении не соответствует требуемой	Проверить и отрегулировать силу прижима
	Засорение опорной поверхности планшайбы стружкой	Очистить опорную поверхность планшайбы

6. ОБРАБОТКА НА ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

6.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Плоское шлифование выполняют на станках с прямоугольным либо круглым столом, работающим периферией или торцом круга (рис. 6.1, *а...г*). Шлифование торцом круга более производительно, так как в резании одновременно участвует большое число режущих зерен, однако вследствие значительной площади контакта круга с заготовкой в процессе шлифования интенсивно выделяется теплота, что нередко приводит к тепловым деформациям, прижогам и трещинам на обрабатываемых поверхностях.

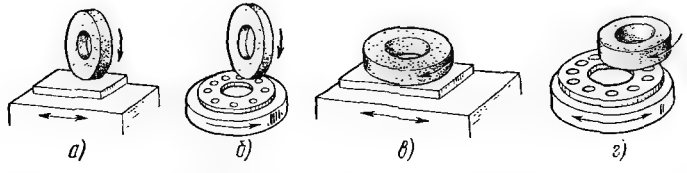


Рис. 6.1. Основные схемы шлифования на плоскошлифовальных станках:

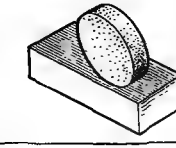
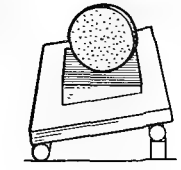
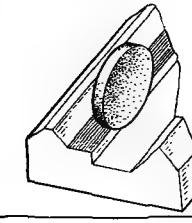
а, б — шлифование периферией круга на станках соответственно с прямоугольным и круглым столом, *в, г* — шлифование торцом круга на станках соответственно с прямоугольным и круглым столом

При шлифовании периферией круга число одновременно режущих зерен значительно уменьшается, поэтому снижается производительность. Но одновременно уменьшаются площадь контакта круга с заготовкой и, как следствие, количество выделяемой теплоты и тепловые деформации. Последнее особенно важно для получения высокой точности маложестких и тонких деталей, при изготовлении которых нужно избежать коробления и прижогов.

Станки, работающие периферией круга, более универсальны. На них обрабатывают плоские и фасонные поверхности, прямобочные и профильные канавки, тонкостенные заготовки и трудношлифуемые материалы, склонные к прижогам. Поэтому шлифование периферией круга широко применяют в условиях единичного и мелкосерийного производства, где требуются универсальные наладки. В условиях массового и серийного производства этим способом пользуются в том случае, когда шлифование торцом круга невозможно (профильное шлифование, шлицешлифование, обработка трудношлифуемых материалов).

Шлифование периферией круга осуществляют на станках с прямоугольным или круглым столом. Наиболее универсальным является шлифование на станках с прямоугольным столом, где преимущественно обрабатывают удлиненные заготовки, поверхности с высокими требованиями к плоскостности, а также заготовки с буртами, пазами, канавками, неустойчивые и требующие обработки фасонных поверхностей (табл. 6.1). При шлифовании последних круг профилируют в процессе правки.

6.1. Типовые примеры обработки на плоскошлифовальном станке с прямоугольным столом периферией круга

Шлифование	Эскиз	Технологические особенности
Открытых плоских поверхностей		Наиболее частый случай плоского шлифования без ограничения высоты шлифовального круга
Плоских конических поверхностей		В целях получения заданных конических поверхностей используют различные устройства для установки шлифуемой поверхности под нужным углом наклона
Взаимно параллельных плоских поверхностей, расположенных под различными углами к поверхности основания		Несколько плоских взаимно параллельных поверхностей можно шлифовать последовательно, изменяя каждый угол наклона шлифуемой поверхности или шпинделя шлифовального круга (на специализированных станках)

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.1

Шлифование	Эскиз	Технологические особенности
Плоских поверхностей, ограниченных буртами		Для получения точных поверхностей следует тщательно регулировать пределы возвратно-поступательных ходов, параллельных буртам. Для улучшения плоскостности прилегающих боковых поверхностей можно применять метод поднутрения торцов круга (правкой) в сочетании с выхаживанием
Одиночных или параллельно расположенных продольных пазов		При поднутренном (правкой) круге можно шлифовать дно пазов либо весь профиль паза при соответствующем профилировании круга, а также несколько пазов, параллельно расположенных на одинаковом или разном расстоянии друг от друга
Пазов, канавок, шлицев, расположенных по окружности параллельно оси обрабатываемой заготовки		Шлифуемую заготовку устанавливают на поворотное приспособление с периодическим индексированием (поворотом) вокруг ее оси. Шлифование пазов можно выполнять двумя методами: врезанием до полной обработки одного паза или многопроходным круговым шлифованием — поворотом вала на один паз после каждого двойного хода круга
Пазов на торцовых поверхностях цилиндрической заготовки		Устройство для индексирования заготовки вокруг вертикальной оси устанавливают на продольный стол станка. Разный профиль пазов обеспечивается профильной правкой круга. Возможен врезной или круговой многопроходный метод шлифования пазов
Продольных пазов, имеющих фасонный профиль		Продольные пазы разного фасонного профиля обеспечиваются правкой шлифовального круга напроход

6.2. ПРАВКА И ПРОФИЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

В условиях массового и крупносерийного производства правящие устройства для профилирования кругов расположены на шлифовальной бабке. Наиболее часто применяемые схемы профилирования круга показаны в табл. 6.2.

6.2. Схемы профилирования шлифовальных кругов

Схема	Краткая характеристика
	Трехалмазная одновременная правка под углом. Угол правки регулируется. Настройка каждого алмаза индивидуальна
	Правка по радиусу. Размер радиуса регулируется. Возможно образование выпуклого и вогнутого профилей
	Профильная правка по копиру. Профиль копирной линейки может передаваться на круг непосредственно или с помощью устройства «Диаформ», в котором рабочий профиль копирной линейки передается системой пантографа, позволяющего значительно повысить точность профилирования
	Профильная правка алмазной гребенкой. Характерные особенности: простота правящего устройства; высокая производительность. Целесообразна в условиях серийного и массового производства
	Профильная правка алмазным роликом. Характерные особенности: высокая производительность; высокая стойкость инструмента. Осуществляется методом шлифования или накатывания профиля на круге. Целесообразна в условиях массового производства

chipmaker.ru

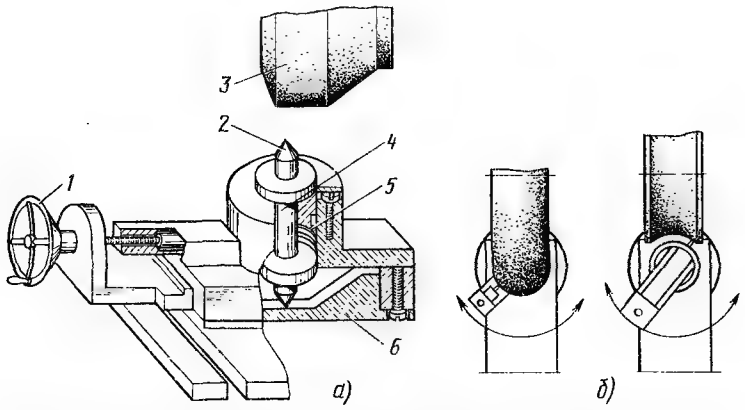


Рис. 6.2. Универсальное приспособление для профильной правки шлифовальных кругов (*а*) и схема правки по радиусу с помощью поворотных правящих устройств (*б*)

В условиях мелкосерийного и единичного производства заданный профиль шлифовального круга можно получить с помощью съемного приспособления, устанавливаемого на столе станка (рис. 6.2, *а*). Правящий алмазный инструмент *2* закрепляют в подвижной державке *4*. В нижней части державки имеется рабочий наконечник, который с помощью пружины *5* прижат к копиру *6*. При повороте маховика *1* державка *4* перемещается вдоль копира и передает его профиль шлифовальному кругу *3*. Радиусные формы выпуклого или вогнутого профиля образуются поворотными правящими устройствами (рис. 6.2, *б*), тоже закреплениыми на столе станка.

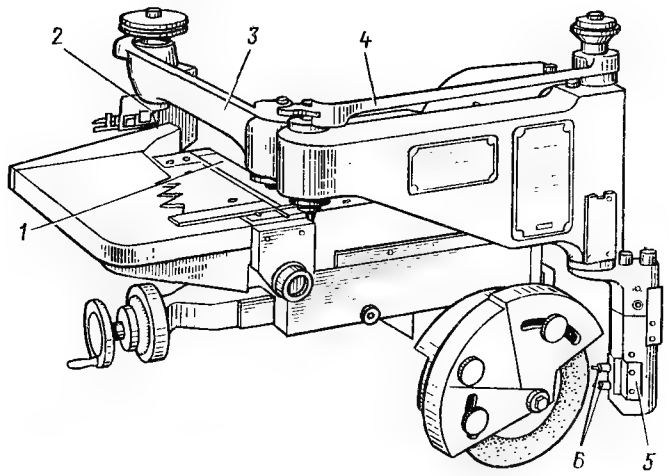


Рис. 6.3. Приспособление пантографного типа для профильной правки шлифовальных кругов по копиру

В условиях мелкосерийного и единичного производства также весьма эффективно приспособление пантографного типа для профильной правки круга по копиру (рис. 6.3). Траектория движения щупа *2* по копиру *1* передается через рычажную систему *3*, *4* к державке *5* с правящим инструментом *6*. В зависимости от передаточного отношения пантографа копир *1* изготовляют в 5- или 10-кратном увеличении относительно профиля, воспроизводимого на шлифовальном круге.

6.3. УСТАНОВКА И КРЕПЛЕНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ЗАГОТОВКИ

Электромагнитные и магнитные приспособления. Самый распространенный метод крепления заготовок из магнитных материалов — с помощью электромагнитных и магнитных приспособлений (табл. 6.3). Наиболее широкое применение

6.3. Магнитные и электромагнитные приспособления для закрепления обрабатываемых заготовок

Приспособление	Эскиз	Область применения
Плоская плита		Шлифование плоских поверхностей
Плоская синусная плита		Шлифование поверхностей под разными углами наклона
Поворотная плита		Шлифование различных поверхностей под разными углами
		Шлифование закруглений

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.3

Приспособление	Эскиз	Область применения
Магнитные блоки и призмы в сочетании с плитами		Шлифование различных поверхностей под разными углами
Магнитные угольники		Универсальные наладки

из них имеют электромагнитные и магнитные (рис. 6.4, *а*, *б*) плиты, обычно используемые в сочетании с призмами и подставками или лекальными тисками, в которых устанавливают обрабатываемую заготовку. На рис. 6.5 показано применение лекальных тисков *3*, расположенных в угловой магнитной призме *4*, для закрепления профильного шаблона *2* при его обработке шлифовальным кругом *1*. Призму помещают на синусную магнитную плиту *5*. Заготовку, являю-

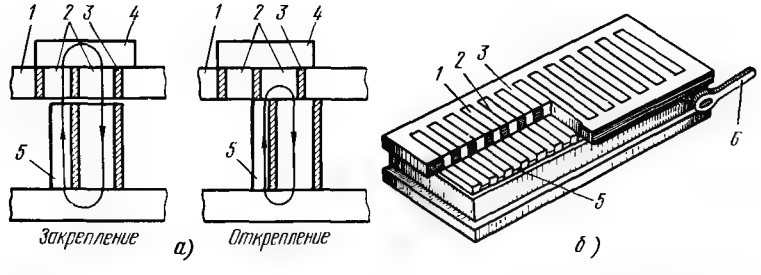


Рис. 6.4. Схема действия (*а*) и общий вид (*б*) магнитной плиты:
1, *2* — железные пластины, *3* — магнитные прослойки между пластинами, *4* — закрепляемая заготовка, *5* — постоянные магниты, *6* — рукоятка для перемещения блоков постоянных магнитов

щуюся частью магнитопровода, устанавливают на плиту перпендикулярно немагнитным прокладкам, с тем чтобы через нее проходил магнитный поток.

Эксплуатационные свойства электромагнитных и магнитных плит приведены в табл. 6.4.

Способ крепления на электромагнитных и магнитных плитах имеет ряд недостатков: наличие в заготовках остаточного магнетизма, что требует их размагничивания после обработки; нагрев электромагнитной плиты во время работы, приводящий к снижению точности обработки; опасность деформирования тонких заготовок при зажиме магнитом; невозможность крепления заготовок из немагнитных материалов.

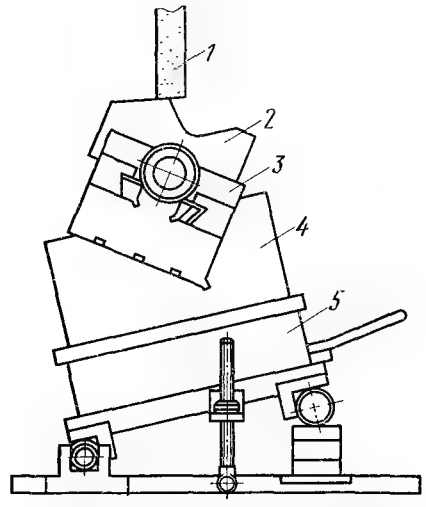


Рис. 6.5. Закрепление профильного шаблона в лекальных тисках при шлифовании

6.4. Эксплуатационные свойства электромагнитных и магнитных плит

Свойство	Плита	
	электромагнитная	с постоянными магнитами
Быстрота действия	Высокая	
Закрепление заготовок за окончательно обработанные поверхности без их повреждения	Возможно	
Закрепление заготовок из немагнитных материалов	Невозможно	
Наличие остаточного магнетизма в заготовках после снятия с плиты	Имеется	
Необходимость в постоянном токе для работы плиты	Имеется	Не имеется
Необходимость в дорогих обмоточных материалах для ремонта плиты и в высокой квалификации ремонтников		
Опасность шлифования с эмульсией из-за недостаточной герметичности вставок электромагнитных плит и попадания жидкости в обмотку электромагнитов, что приводит к внеплановым ремонтам		
Удельная сила притяжения заготовки	>1,5 МПа	≈1,5 МПа

chipmaker.ru

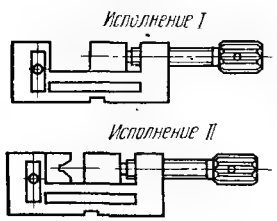
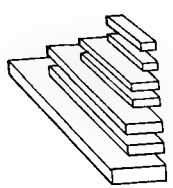
Свойство	Плита	
	электромагнитная	с постоянными магнитами
Опасность вырывания заготовки при отключении тока	Имеется	Не имеется
Возможность быстрого переноса плиты со станка на станок и ввода ее в работу	Не имеется	Имеется
Возможность нагревания шлифуемой заготовки вследствие нагрева внутренней обмотки магнита	Имеется	Не имеется

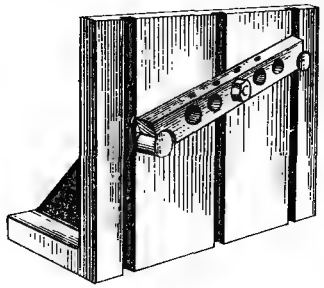
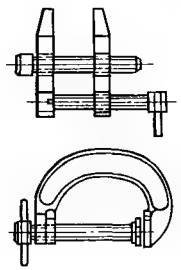
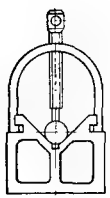
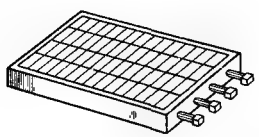
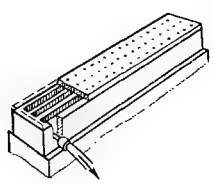
Во избежание нагрева применяют комбинированные плиты с импульсными магнитами. Такая плита работает как постоянный магнит с периодическим включением электромагнита, что увеличивает силу прижима и устраняет нагрев.

Механические приспособления. Кроме магнитных плит для крепления заготовок используют тиски, планки и угольники различных размеров, к которым заготовки прикрепляют струбцинами и др. (табл. 6.5). При шлифовании поверхностей под разными углами применяют синусные приспособления (рис. 6.6), которые также используют в сочетании с угольниками и центровыми приспособлениями. Для поворота заготовок на определенный угол используют делительные диски.

Шлицешлифование является разновидностью плоского шлифования на станках с прямоугольным столом. Различные способы шлицешлифования приведены в табл. 6.6.

6.5. Механические приспособления для крепления обрабатываемой заготовки

Эскиз	Характерные особенности, область применения
Лекальные тиски	
	Все стороны тисков и зажимные поверхности губок обработаны под углом 90°+30′. Для установки и закрепления фасонных заготовок используют тиски со сменными губками соответствующего профиля. Применяют для шлифования взаимно перпендикулярных плоских поверхностей небольших заготовок (шаблоны, линейки)
Упорные и прижимные планки	
	Стальные прямоугольные пластины различных размеров. Служат для увеличения надежности крепления заготовок на магнитной плите

Эскиз	Характерные особенности, область применения
Угольники	
	Крупные угольники изготовляют из чугуна, а мелкие – из стали, подвергая их закалке. Поверхности угольников взаимно перпендикулярны. Заготовки к поверхности угольника прикрепляют струбцинами в необходимом для обработки положении и шлифуют обычным способом
Струбцины	
	Служат для крепления обрабатываемых заготовок к соответствующим установочным приспособлениям (угольникам, опорам, синусным кубикам и др.)
Призмы со скобой	
	Служат для установки и крепления цилиндрических заготовок при шлифовании торцов, скосов и лысок
Обоймы	
	Служат для установки и крепления мелких заготовок при обработке их пакетом
Вакуумные столы	
	Применяют для закрепления тонких плоских заготовок из магнитных и немагнитных материалов

chipmaker.ru

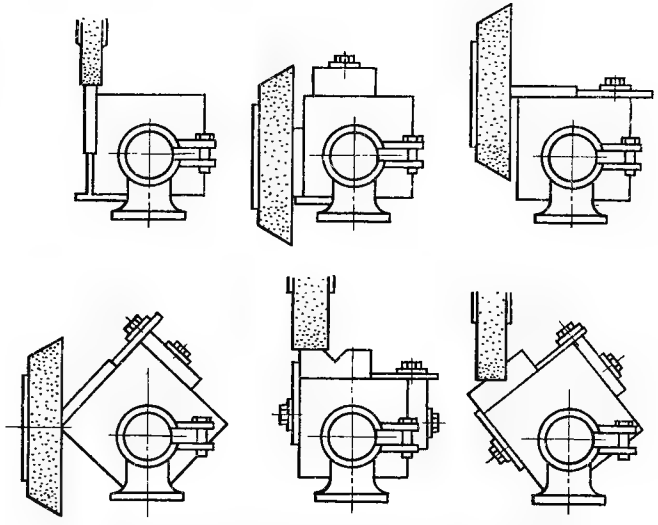


Рис. 6.6. Схемы шлифования различных поверхностей с использованием синусных приспособлений

6.6. Способы шлицешлифования

Метод центрирования	Способ шлифования	Технологическая характеристика способа шлифования
1 Wb, Db, db По db и Wb	А	Простота наладки, точное взаимное расположение обработанных поверхностей, длительное сохранение профиля круга. Недостаток — применение кругов одной характеристики в разных условиях шлифования дна и боковых сторон
	Б	Возможность применения кругов разных характеристик для обработки дна и боковых сторон. Недостаток — усложняется наладка, появляется необходимость удлинения шпинделя с кругами, увеличиваются его отжатия и вибрации при обработке
	В а б в	Возможность применения кругов разных характеристик при шлифовании дна и боковых сторон, простота правки кругов. Недостаток необходимость обработки в две операции на разных станках или с переналадкой, в связи с чем снижается точность взаимного расположения поверхностей и увеличивается время обработки на 30...40% по сравнению со способом А

Метод центрирования	Способ шлифования	Технологическая характеристика способа шлифования
2 Wb, Db, db По Db и Wb		Шлифование боковых сторон шлицев двумя кругами, закрепленными на одной оправке

При 1-м методе центрирования валов, имеющих до шести шлицевых канавок, целесообразно выполнять шлифование способом *А*, при этом лучшие результаты достигаются при обработке кругами на керамической связке, обладающими повышенной кромкостойкостью. Валы, имеющие более шести шлицевых канавок, целесообразно шлифовать способом *Б*. В этом случае одновременно тремя кругами шлифуют три разные канавки, что позволяет увеличить угол правки боковых кругов и этим повысить их кромкостойкость. Возможные варианты шлифования боковых сторон способом *В* показаны на соответствующих эскизах.

При 2-м методе центрирования боковые стороны шлифуют кругами с острой режущей кромкой. В этих условиях меньше выкрашиваются круги на бакелитовой связке.

Схема шлицешлифования с допустимой погрешностью шага 0,012 мм показана на рис. 6.7. Для установки вала в угловом положении служит приспособление с откидным шаблоном. Корпус приспособления размещен на столе станка строго по линии центров. После установки обрабатываемого вала в центрах шаблон *2* поворотом рукоятки поднимают до упора в боковые стороны двух диаметрально расположенных шлицев. Затем на конце вала закрепляют хомутик, связанный с поводковым патроном передней бабки, а установочный шаблон опускают. Делительный механизм обеспечивает поворот на заданный шаг шлицев после каждого двойного хода стола.

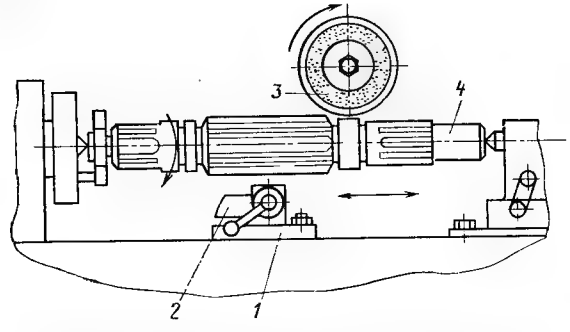


Рис. 6.7. Схема шлицешлифования:
1 — корпус установочного шаблона, *2* — шаблон для угловой установки шлифуемых шлицев, *3* — шлифовальный круг, *4* — обрабатываемый вал

chipmaker.ru

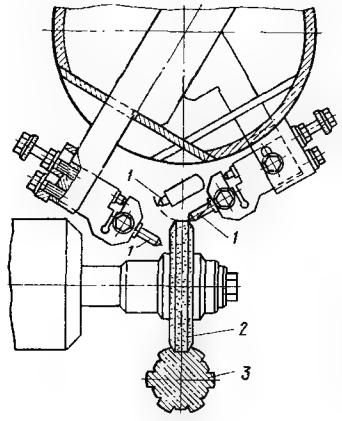


Рис. 6.8. Устройство с тремя правящими алмазными инструментами для профильной правки круга на шлицешлифовальном станке:
1 — алмазные правящие инструменты, *2* — шлифовальный круг, *3* обрабатываемая заготовка

Круг правят смонтированным на корпусе шлифовальной бабки устройством с тремя правящими алмазными инструментами (рис. 6.8). Правке одновременно подвергаются боковые стороны и периферийная часть круга, шлифующая дно шлицевой канавки.

Активный контроль, позволяющий автоматизировать процесс шлицешлифования, выполняется с помощью автоскобы *2* (рис. 6.9), имеющей размер, равный окончательному диаметру дна шлифуемых шлицев. Кронштейн, несущий корпус автоскобы *2*, закреплен на колонне станка. При каждом рабочем ходе стола шлифуемый вал *1* набегает на автоскобу и отводит ее в крайнее положение; при обратном ходе стола авто скоба с помощью пружины занимает исходное положение. Когда диаметр дна шлицев достигнет окончательного размера, автоскоба при очередном касании с валом войдет в шлицы, замкнет электроконтакт и даст команду на окончание обработки. Ширина шлифуемых шлицев обеспечивается автоматически за счет одновременной трехсторонней правки круга.

На плоскошлифовальных станках обработку, как правило, выполняют способом многопроходного шлифования с малой глубиной резания и большими

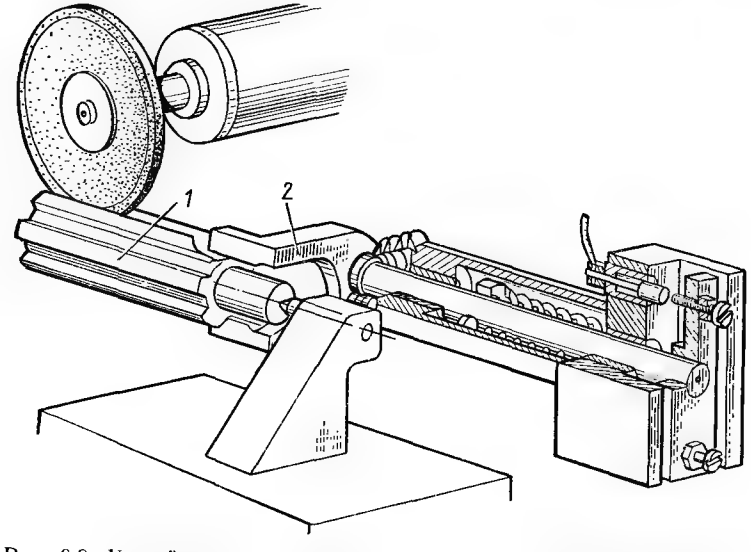


Рис. 6.9. Устройство для активного контроля при шлицешлифовании

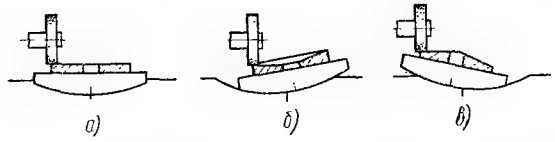


Рис. 6.10. Влияние наклона круглого стола на плоскостность шлифуемой поверхности:
а, б, в — соответственно плоская, вогнутая и выпуклая поверхности

подачами. Этот способ обеспечивает наименьшее тепловыделение при шлифовании и высокое качество обработки.

В последнее время получило развитие нарезание шлицев методом плоского глубинного профильного шлифования без предварительной лезвийной обработки. Шлифовальный круг врезается на глубину заданного профиля, и процесс шлифования осуществляется при очень медленной («ползучей») подаче стола. Весь заданный профиль вышлифовывают за один-два рабочих хода. Этим методом целесообразно обрабатывать заготовки повышенной твердости или пониженной обрабатываемости лезвийным инструментом.

Станки с круглым вращающимся столом более производительны, чем с прямоугольным, вследствие сокращения времени на реверсирование и перебеги стола, а также благодаря возможности повышения скорости его движения. На станках с возвратно-поступательным движением стола скорость последнего обычно не превышает 10 м/мин из-за инерционности механизма его реверсирования. На станках с круглым столом окружная скорость стола достигает 20...30 м/мин, что является большим преимуществом при шлифовании закаленных заготовок, склонных к прижогам и трещинам. Поэтому при обработке большого числа мелких заготовок, а также заготовок, имеющих круглую или квадратную форму, целесообразно использовать станки с круглым столом. Поскольку они менее универсальны, чем станки с прямоугольным столом, их применяют в условиях серийного и массового производства. Для получения хорошей плоскостности шлифуемых поверхностей необходимо, чтобы ось вращающегося стола была перпендикулярна оси шпинделя шлифовального круга (рис. 6.10, *а*). В противном случае шлифуемая поверхность будет вогнутой (рис. 6.10, *б*) или выпуклой (рис. 6.10, *в*).

Шлифование торцом круга осуществляют на станках с прямоугольным или круглым столом, а также на двусторонних станках, где одновременно обрабатывают две параллельные поверхности заготовки.

Торцешлифовальные станки с прямоугольным столом более универсальны; наибольшее применение они имеют для шлифования направляющих (рис. 6.11),

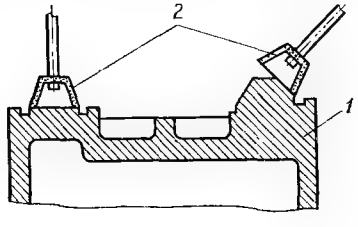


Рис. 6.11. Схема обработки направляющих станины на торцешлифовальном станке с прямоугольным столом:
1 — станина, *2* — шлифовальные круги

chipmaker.ru

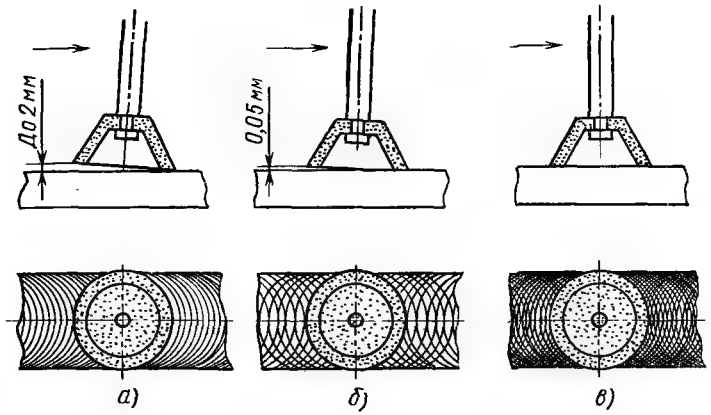


Рис. 6.12. Характерные следы рисок на шлифованной поверхности после обработки на торцешлифовальных станках:
а — с большим наклоном круга для операций обдирочного шлифования, *б* — с малым наклоном круга для чистовых операций шлифования, *в* — без наклона круга для прецизионных операций шлифования с высокими требованиями к плоскостности

удлиненных плоских и различных труднодоступных наклонных поверхностей, а также пазов.

При шлифовании с большим съемом, чтобы избежать нагрева и деформации обрабатываемой поверхности, применяют сегментный шлифовальный круг на бакелитовой связке, наклоном которого уменьшают поверхность резания. В зависимости от угла наклона круга на шлифованной поверхности образуются различные сетки из следов рисок (рис. 6.12, *а...в*).

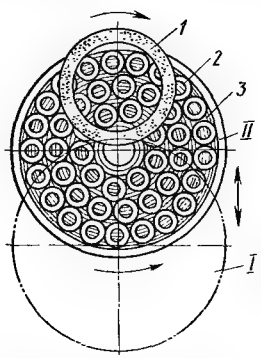


Рис. 6.13. Схема многопроходного шлифования:
I — загрузочное положение, *II* — рабочее положение; *1* — шлифовальный круг, *2* — обрабатываемая заготовка, *3* — стол станка

Станок с круглым вращающимся столом обеспечивает наиболее производительную обработку, выполняемую двумя методами многопроходным и однопроходным (глубинным) шлифованием.

При *многопроходном шлифовании* (рис. 6.13) стол станка получает быстрое вращение (в среднем с окружной скоростью 15...20 м/мин); вертикальная подача шлифовального круга (на врезание) осуществляется периодически на один или несколько оборотов стола. Многопроходное шлифование, выполняемое с малыми глубинами резания, сопровождается значительно меньшими силами резания и меньшим тепловыделением по сравнению с глубинным шлифованием. Обрабатываемые заготовки, не требующие столь сильного зажима, как при глубинном шлифовании, меньше деформируются, поэтому многопроходным шлифованием обеспечивается более точная обработка — шероховатость поверхности Ra=0,4...1,2 мкм.

Этот метод шлифования отличается простотой и универсальностью, однако из-за больших затрат времени на установку заготовок, снятие и измерение готовых

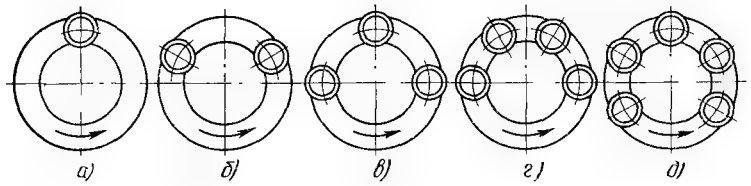


Рис. 6.14. Расположение шлифовальных головок (*а ... д*) на торцешлифовальных станках для однопроходного шлифования

деталей по производительности он значительно уступает однопроходному шлифованию. Многопроходное шлифование возможно лишь на одношпиндельных станках.

При *однопроходном шлифовании* стол станка медленно вращается (в среднем с окружной скоростью 0,5...3 м/мин), и за один оборот снимается весь припуск. В зависимости от заданного припуска, а также требований к точности, шероховатости поверхности и производительности применяют станки с одной, двумя, тремя, четырьмя и пятью шлифовальными головками (рис. 6.14, *а...д*). При этом загрузка, разгрузка и другие вспомогательные операции выполняются за счет машинного времени обработки. При проектировании процесса однопроходного шлифования необходимо учитывать, что снимаемый одним кругом припуск не должен превышать 0,7 мм при предварительной обработке и 0,3 мм — при окончательной, при этом шероховатость поверхности обеспечивается не более Ra=0,6 мкм.

Однопроходное шлифование сопровождается выделением и концентрацией в заготовке большого количества теплоты, поэтому оно не рекомендуется для обработки заготовок тонкостенных и изготовленных из труднообрабатываемых материалов, имеющих склонность к прижогам и трещинам.

При однопроходном шлифовании, требующем многоместных наладок и прочного крепления обрабатываемых заготовок, чаще применяют не электромагнитные, а механические приспособления. Метод однопроходного шлифования целесообразно использовать в условиях массового и серийного производства.

Для предупреждения прижогов шлифуемой поверхности лучше применять мягкие крупнозернистые круги на бакелитовой связке, а форму их выбирать в зависимости от размера обрабатываемой поверхности.

Сплошной круг (рис. 6.15, *а*) применяют для шлифования прерывистых поверхностей. Если площадь непрерывного контакта обрабатываемой поверхности с кругом значительна, следует использовать круги с отверстиями или канавками (рис. 6.15, *б*); сплошные поверхности необходимо шлифовать сегментными кругами (рис. 6.15, *в*).

В большинстве случаев шлифование ведется в условиях самозатачивания круга, который правят примерно один раз в смену для выравнивания абразивной рабочей поверхности. Правящим инструментом обычно служит набор металлических звездочек. При выполнении некоторых чистовых операций круги правят алмазно-металлическим карандашом.

На рис. 6.16 показана схема обработки мелких заготовок однопроходным шлифованием на станке непрерывного действия. Электромагнитный зажим действует в рабочей зоне *А*, а в загрузочно-разгрузочной зоне *Б* он автоматически

chipmaker.ru

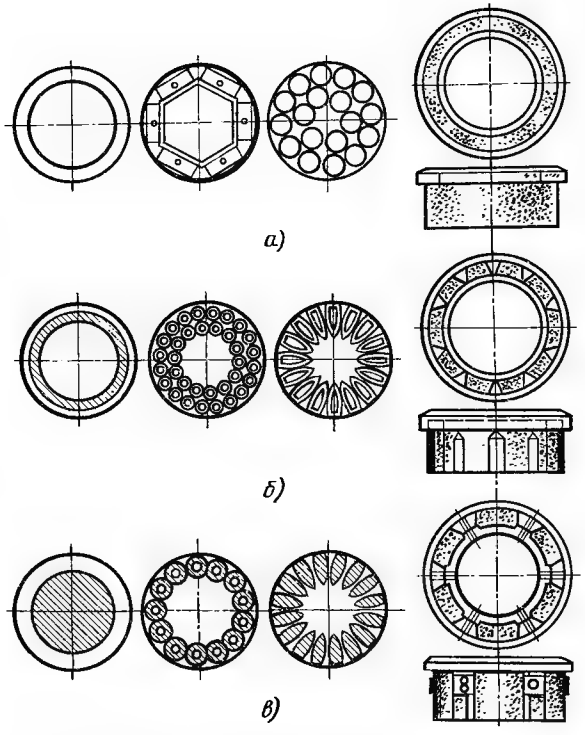


Рис. 6.15. Формы круга, выбираемые в зависимости от площади и конфигурации шлифуемых заготовок: *а* — сплошной, *б* — с канавками, *в* — сегментный

выключается. Оператор при вращении стола загружает заготовки через лоток *3*. Поступая в зону *А*, они притягиваются к магнитному столу *2* и шлифуются кругами *1*. При выходе из рабочей зоны детали *5* освобождаются от зажима и сбрасываются в лоток *4*. Весь припуск снимается за один оборот стола. Компенсацию износа круга, контроль размеров, загрузку заготовок и разгрузку деталей осуществляют в процессе шлифования.

При обработке заготовок с прерывистыми поверхностями и снятии больших припусков применяют механический зажим заготовок, так как магнитный зажим не обеспечивает их надежного крепления.

Схема обработки заготовок с их механическим зажимом показана на рис. 6.17, *а*. На одном шпинделе установлен круг зернистостью 32, снимающий припуск 0,2 мм, на втором шпинделе — круг зернистостью 25, снимающий припуск 0,1 мм на сторону. Отклонение от взаимной параллельности сторон после шлифования не превышает 0,06 мм. Шероховатость обработанной поверхности Ra=0,8...1,2 мкм. На столе станка монтируют многопозиционное приспособление с автоматическим зажимом заготовок, обеспечиваемым механизмом зажима (рис. 6.17, *б*). Заготовку *1* помещают на базовую площадку между призмой *2* и зажимной вилкой *3*, действующей от копирного кольца *4* через систему рычагов *5* и *6*. Копирное кольцо *4* закреплено на окружности стола; форма копирного

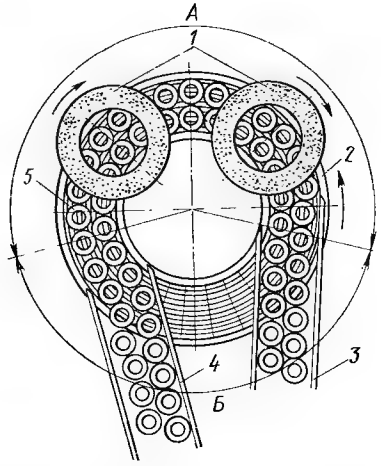


Рис. 6.16. Схема обработки мелких заготовок однопроходным шлифованием

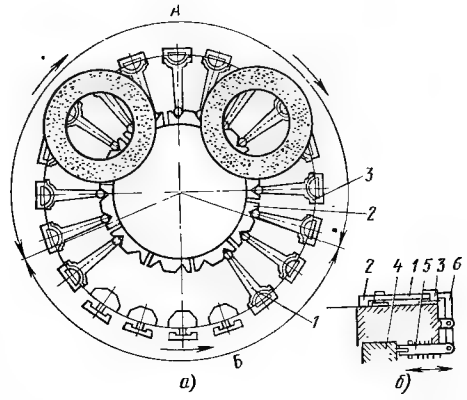


Рис. 6.17. Схема обработки с механическим зажимом (*а*) боковых сторон заготовок шатуна и механизм зажима (*б*) заготовок

кольца обеспечивает отход вилки *3* в загрузочной зоне *Б* и зажим ею обрабатываемой заготовки перед вхождением в рабочую зону *А*. Загрузку заготовок и разгрузку деталей производят вручную при непрерывном вращении стола за счет машинного времени обработки.

6.4. ИЗМЕРЕНИЕ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ШЛИФОВАНИЯ

Непрерывная компенсация износа круга, выполняемая вручную, резко снижает производительность станка и не гарантирует отсутствия брака, поэтому необходимо применять автоматические подналадчики (рис. 6.18). Деталь *1*, выходящая из зоны шлифования, проходит под контрольной пластиной *2*. По мере изнашивания шлифовального круга размер детали увеличивается. Когда он превысит верхний предел допуска, деталь заденет за пластину *2* и отклонит рычаги *3* и *4*. При повороте рычага *4* (под действием пружины *5*) через микровключатель *6* замкнется электроцепь. Силой возникающего магнитного поля сердечник *10* втягивается в катушку *11* и сжимает диски фрикционной муфты *9*. Вследствие этого от непрерывно вращающегося червячного колеса *8* через вал *7* и пару конических шестерен сообщается вращение винту *12* вертикальной подачи шлифовального круга. По достижении заданного размера шлифуемые детали перестанут отклонять пластину *2*, рычаги под действием пружины *9* вернутся в исходное положение, разомкнется электроцепь и прекратится вертикальная подача шлифовального круга.

Четырех- и пятикруговые торцешлифовальные станки применяют не только для снятия больших припусков, но также для одновременной обработки двух разновысотных плоских поверхностей одной заготовки. В этом случае обеспечиваются плоскостность, параллельность и заданная разновысотность двух поверхностей.

chipmaker.ru

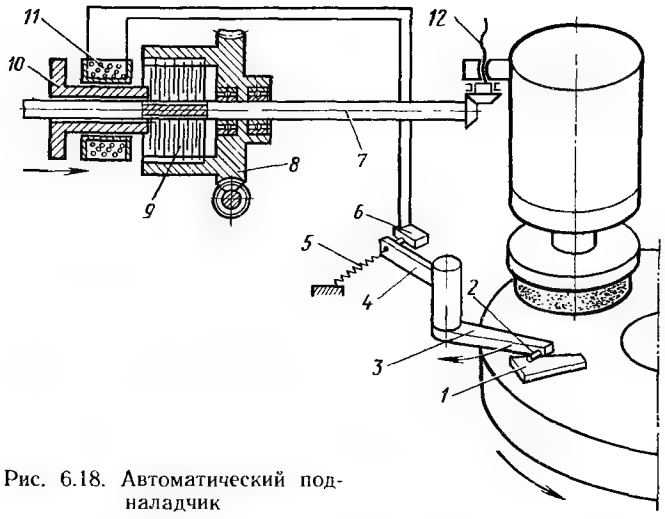


Рис. 6.18. Автоматический подналадчик

Примером может служить шлифование боковых сторон большой и малой головок шатуна (рис. 6.19). Станок имеет пять бабок, расположенных по окружности стола. Весь припуск снимается за один оборот стола, при этом первая бабка снимает 0,8 мм, вторая — 0,55 мм, третья — 0,35 мм, четвертая — 0,8 мм, пятая — 0,55 мм.

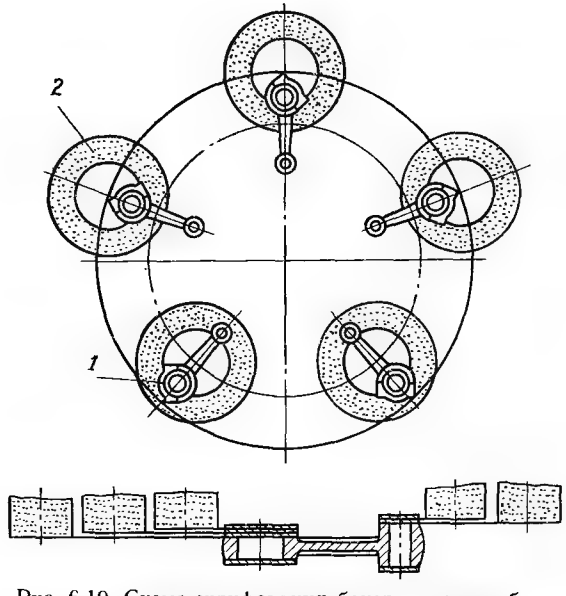


Рис. 6.19. Схема шлифования боковых сторон большой и малой головок шатуна:
1 — шатун, *2* — шлифовальный круг

6.5. ШЛИФОВАНИЕ НА ДВУСТОРОННИХ СТАНКАХ

Одновременное шлифование двух взаимно параллельных плоских поверхностей осуществляют на двусторонних торцешлифовальных станках. Двустороннее шлифование торцом круга, основные способы которого приведены в табл. 6.7, обеспечивает высокую точность по параллельности и плоскостности боковых сторон при очень высокой производительности обработки. Однако главным недостатком является большая поверхность контакта режущего инструмента с заготовкой, что вызывает интенсивное выделение теплоты в зоне обработки. В связи с этим на двусторонних торцешлифовальных станках применяют мягкие крупнозернистые шлифовальные круги на бакелитовой связке, работающие в режиме самозатачивания. Технологические возможности двустороннего шлифования торцом круга рассмотрены на примере обработки заготовок поршневых пальцев и колец.

6.7. Способы шлифования на двусторонних торцешлифовальных станках

Схема шлифования	Краткая характеристика
	Шлифование с круговой непрерывной подачей заготовок. Обрабатываемые заготовки деталей типа вилок, втулок, штоков, пальцев, устанавливаемые в гнезде непрерывно вращающегося диска, принудительно вводятся в зону шлифования между кругами. Установку заготовок и снятие деталей осуществляют при вращении диска за счет машинного времени обработки
	Шлифование напроход заготовок коротких цилиндрических деталей типа колец и дисков. Обрабатываемые заготовки свободно без закрепления подаются в зону шлифования, принудительно проталкивая друг друга между двумя шлифовальными кругами. В зоне шлифования они самоустанавливаются по режущей поверхности кругов и двигаются между верхней и нижней линейками. Этот способ характеризуется наибольшей производительностью
	Шлифование с помощью поворотного индексирующего диска. Используется для обработки крупных заготовок, требующих индивидуального зажима. Имеется три позиции — загрузочная, рабочая и разгрузочная. Установку заготовки и снятие детали осуществляют за счет машинного времени обработки
	Шлифование с маятниковым приспособлением. Возможна групповая или индивидуальная установка заготовок. Маятниковое приспособление имеет две позиции: на одной осуществляют установку заготовок и снятие деталей, а на другой — шлифование. Применение способа целесообразно в условиях серийного производства
	Индивидуальное шлифование при обработке небольшого количества заготовок. Обрабатываемую заготовку устанавливают в приспособление, имеющее прямолинейно-возвратное движение для ввода заготовки в зону шлифования и вывода ее после обработки

chipmaker.ru

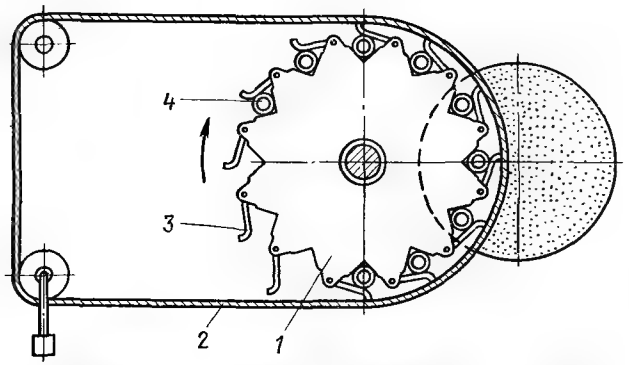


Рис. 6.20. Схема шлифования торцов заготовок поршневого пальца

На рис. 6.20 показана схема шлифования торцов заготовок поршневых пальцев длиной 90 мм и ∅ 30 мм; снимаемый припуск 0,4 мм на сторону; круговая подача загрузочного диска — 2 м/мин. Обрабатываемые заготовки укладывают в призмы, расположенные по периферии вращающегося загрузочного барабана *1* на равном расстоянии друг от друга. Приближаясь к зоне шлифования, рычаг *3* с помощью натяжного троса *2* зажимает заготовку *4* в призме. При выходе из зоны шлифования рычаг *3* откидывается и обработанный палец выпадает из призмы. Отклонение от взаимной параллельности шлифованных торцов не превышает 0,02 мм; длина пальца выдерживается с точностью 0,1 мм; производительность составляет 1000 шт/ч.

Схемы обдирочного шлифования напроход торцов заготовок поршневых колец показаны на рис. 6.21, *а, б*. Кольца *2* ременным конвейером *1* доставляются на проходящий через всю зону шлифования опорный нож *5*, по которому двигаются между направляющей линейкой *3* и ременным приводом *4*, проталкивая друг друга в зону шлифования. При выходе из рабочей зоны готовые детали по направляющим линейкам скатываются в тару. Шлифование выполняют в два прохода: на первом снимают припуск до 0,15 мм, а на втором — 0,05 мм на сторону. Производительность операции составляет более 100 колец в минуту. Отклонение от взаимной параллельности боковых сторон кольца не превышает 0,02 мм.

При чистовом шлифовании (рис. 6.21, *в*) кольца *8* из магазина *10* передаются цепным конвейером *9* по направляющей пластине *7* в зону шлифования. При выходе из этой зоны кольца падают на ременный конвейер *6* и затем в тару. Вследствие смещения оси нижнего шпинделя по отношению к оси верхнего непрерывно изменяется частота вращения колец на всем пути их движения между кругами, благодаря чему возрастает число пересечений шлифовочных рисок и улучшается качество шлифованной поверхности. При чистовом переходе снимают припуск 0,025...0,035 мм на сторону. Отклонение от плоскостности поверхностей сторон колец не превышает 0,012 мм. Производительность операции составляет 150 колец в минуту.

Рекомендуемые припуски на плоское шлифование для станков с прямоугольным столом приведены в табл. 6.8, а рекомендации по выбору шлифовальных кругов — в табл. 6.9.

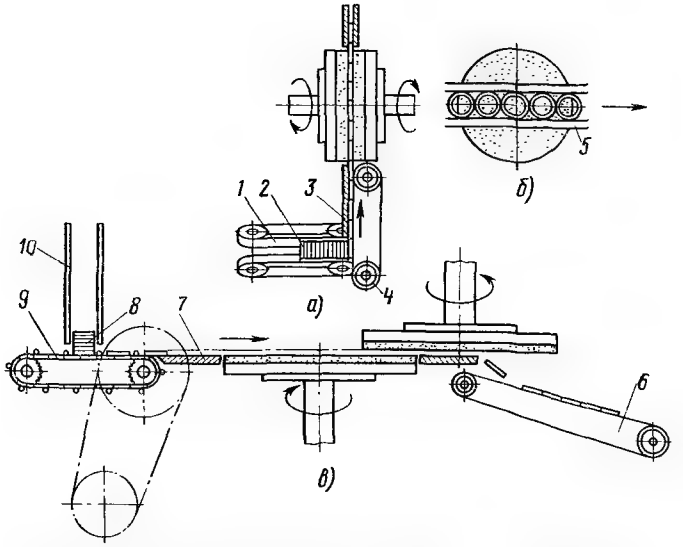


Рис. 6.21. Обработка торцов заготовок поршневых колец:
а — схема загрузки и обдирочного шлифования заготовок, *б* — схема движения заготовок в зоне обработки при обдирочном шлифовании, *в* — схема привода ременного конвейера, применяющегося при чистовом шлифовании

6.8. Припуски на плоское шлифование

Установка заготовки на станке	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Состояние обрабатываемой поверхности	Ширина шлифуемой поверхности, мм					
			3...10	До 50	50...120	120...260	260...400	400...1000
Без выверки	До 100	Н	0,1	0,15	0,2	—	—	—
		З	0,13	0,2	0,25			
	100...500	Н	0,15			0,3	0,35	0,5
		З	0,2	0,25	0,3	0,35	0,45	0,6
	500...1000	Н					0,4	
		З	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,7
	1000...2000	Н	—				0,45	0,65
		З		0,35	0,4	0,5	0,55	0,75
	Более 2000	Н		—		0,45	0,5	0,7
		З			0,5	0,55	0,6	0,8

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.8

Установка заготовки на станке	Длина обрабатываемой поверхности, мм	Состояние обрабатываемой поверхности	Ширина шлифуемой поверхности, мм					
			3...10	До 50	50...120	120...260	260...400	400...1000
В приспособлении или с выверкой индикатором	До 100	Н	0,08	0,12	0,15	—		—
		З	0,1	0,13	0,17			
	100...500	Н			0,18	0,2	0,2	0,25
		З	0,13	0,17	0,2	0,25	0,3	0,35
	500...1000	Н	0,15				0,25	0,3
		З	0,17	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
	1000...2000	Н	—			0,25	0,3	0,35
		З		0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
	Более 2000	Н		—				
		З			0,35	0,4	0,45	0,55

Примечания: 1. Н — незакаленная, З — закаленная. 2. Припуски указаны на обработку одной стороны. 3. При одновременной обработке нескольких заготовок длину и ширину считать с промежутками между заготовками.

В табл. 6.10 приведены возможные погрешности обработки на плоскошлифовальных станках, причины их возникновения и способы устранения.

6.9. Рекомендации по выбору шлифовальных кругов при плоском и профильном шлифовании

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Шлифование периферией круга						
Алюминий и его сплавы	—	Комбинированное	54С	32...50	СМ1...СМ2	К
Мягкие бронзы		Предварительное	53С	80	М3...СМ1	
		Чистовое	54С	32...40		
		Комбинированное		50		
Высокоуглеродистые и быстрорежущие стали		Предварительное	15А	32...50	С1...С2	
		Чистовое		20...25		
		Комбинированное	23А		СМ2...С1	
Быстрорежущие стали Р9Ф5, Р9310 и др.	Закалка	Предварительное	22А	32...40		
		Чистовое	23А	20...25	СМ1...СМ2	
		Комбинированное	34А	16...25		
		Доводка	А, Л	100/80...160/125		Б1 100%
			23А	32...40	СМ2...С1	К
			А, Л	63/50...80/63		М, КБ 100%

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Латуни	—	Комбинированное	54С	50...80	М3...СМ2	К
Марганцовистые стали		Предварительное	15А	63...80	СМ1...СМ2	
		Чистовое	23А, 15А	32...40		
		Комбинированное	15А, 45А	40		
Углеродистые конструкционные стали		Предварительное	15А	32...40	С1...СТ1	
		Чистовое		20...40	С1...СМ2	
		Комбинированное		32...40	СМ2...С2	
	Закалка	Предварительное			С1...С2	
		Чистовое	23А	20...25	СМ2...С1	
		Комбинированное		32...40		
Никелевые стали	—	Предварительное	15А		С1...С2	
		Чистовое		20...40		
		Комбинированное		32...40		
	Цементация и закалка	Предварительное	22А	50	СМ2...С1	Б
		Чистовое	23А	32...40	СМ1...СМ2	
		Комбинированное			СМ2...С1	

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Никель и его сплавы	—	Предварительное	22А	20...25	СМ1...СМ2	К
		Чистовое	45А	16		
		Комбинированное	44А	20...25		
Твердые сплавы		Предварительное	63С	25...50	М3...СМ	
		Чистовое		12...16	М3...СМ1	
		Окончательное		25	СМ1...СМ2	
		Финишное	А, Л, АС	125/100...200/160	СМ1...М3	М, Б1, К 100%
			А, С, АС, АМ, АСМ	63/50...100/80		
			АН, АСН	14/10...20/14		КБ 100%
Хромистые стали		Предварительное	15А	32...40	С2...СТ1	К
		Чистовое	23А	20...40	СМ2...С1	
		Комбинированное	15А	32...40	С1...С2	
	Закалка	Предварительное				
		Чистовое	23А	20...40	СМ2...С1	
		Комбинированное	15А	32...40	СМ2...С2	

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Шлифование торцом круга						
Алюминий и его сплавы	—	Предварительное	53А	63...125	М3...СМ1	К
		Чистовое	54С	50...80	СМ1...СМ2	Б
		Комбинированное	23А	63...125	М3	К
Мягкие бронзы			53С		М3...СМ1	
			54С	50...80	СМ1...СМ2	Б
Твердые и вязкие бронзы		Предварительное	14А	63...125	М3...СМ1	К
		Чистовое	15А	63...80	СМ2...СМ	Б
Высокоуглеродистые и быстрорежущие стали		Предварительное		50	СМ1	К
		Чистовое		50...80	С1...С2	Б
	Закалка	Комбинированное	23А	32...50	СМ1	К
		Доводка	АС	100/80...160/125	СМ1...С1	К, Б 100%
				50/40...80/63		Б 150%

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Медь	—	Чистовое	53С	100...160	СМ1...СМ2	К
				50...80		Б
			54С	20...40		Б, К
Латунь		Комбинированное		63...80	М3	К
				50...80	СМ1...СМ2	Б
Марганцовистые стали			15А	63...125	С1...СМ2	К
Углеродистые конструкционные стали		Предварительное		50...80	СМ2	
					С1...С2	Б
		Чистовое		20...25	СМ1...СМ2	
	Закалка	Комбинированное	23А	50...80		К
			15А	32...50	СМ2...С2	Б
Никелевые стали	—			63...80	М3...СМ1	К
				50...80	С1...С2	Б
	Цементация и закалка		23А		М2...М3	К
		Чистовое		32...50	СМ1...СМ2	Б

chipmaker.ru

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Никель и его сплавы	Цементация и закалка	Комбинированное	23А	20...25	СМ1	К
		Чистовое	44А			
Твердые сплавы (при ручной подаче изделия)	—	Чистовое	63С	32...40	М2...СМ1	
				12...16	М2...М3	
				20...25		
			АС	125/100...200/160	СТ1...СМ2	М, К 100%
		Доводка	АМ, АСМ	3/2...7/5		М, Б 100%
			АН, АСН			М, Б 50%
Хромистая сталь		Предварительное	14А	50...80	С2...СТ1	Б
		Чистовое	15А	32...40	СМ2...С1	
	Закалка	Предварительное	14А	50...80	С1...С2	
		Чистовое	15А	20...40	М3...СМ1	
		Комбинированное			СМ1	
Хромомарганцевотитанистая сталь				63...80	СМ2	
				20...40	СМ1...СМ2	К

Продолжение табл. 6.9

Обрабатываемый материал		Вид шлифования	Характеристика круга			
Наименование	Термическая обработка		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка
Хромоникелевая сталь	—	Предварительное	15А	50	С1...С2	Б
				63...80	М3...СМ1	К
				32...50	СМ1...СМ2	Б
		Чистовое		20...25	СМ1...СМ2	
Чугуны: ковкие (отожженные)		Комбинированное		63...125	М3...СМ2	К
		Чистовое		20...12	М2...М3	Б, КБ
с перлитовой структурой		Комбинированное				
		Чистовое		50...80		
отбеленные		Комбинированное	54С	50...125	М3...СМ1	К
		Чистовое		20...12	М1...М3	Б, КБ
серые		Комбинированное		50...80	С1...С2	Б
		Чистовое		20...12	СМ1...С1	Б, КБ

chipmaker.ru

6.10. Погрешности обработки на плоскошлифовальных станках, причины их возникновения и способы устранения

Погрешность	Причина возникновения	Способ устранения
Нарушение заданного размера детали	Неправильная установка ручной или автоматической подачи на глубину при работе до упора или по лимбу	Периодически проверять заготовки во время снятия припуска до достижения шлифовальной бабкой упора или соответствующей риски на лимбе
	Погрешность измерения нагретой или переохлажденной детали. Переохлаждение возможно при использовании охлаждающей жидкости, температура которой ниже температуры окружающего воздуха	Следить за тем, чтобы деталь и измерительный инструмент имели одинаковую температуру
	Применение изношенного или невыверенного измерительного инструмента	Перед началом работы измерительный инструмент проверять контрольным
	Случайная подача круга на заготовку вместо его отвода	Отводить круг только при полностью выведенной из-под него заготовке
	Самопроизвольная подача круга (так называемое спадение бабки); возникает при наличии зазора в гайке механизма вертикального перемещения, а также в результате отсутствия или недостаточной массы противовеса, слишком жесткой подвески последнего, излишней затяжки планок и клиньев в направляющих вертикального перемещения	Устранить зазор в гайке винта механизма подачи, отрегулировать систему противовеса, а также клинья и планки
	Местные «прихваты» круга — неожиданное его врезание в заготовку с оставлением глубокого (в несколько десятых долей миллиметра) следа. Часто наблюдается при сухом торцовом шлифовании чашечным кругом без наклона оси бабки и при шлифовании недостаточно жестких заготовок, которые деформируются — выпучиваются или отгибаются	По возможности работать с охлаждением. Нежесткие заготовки шлифовать с особой осторожностью, не форсировать подачу на глубину. Применять свободно режущие мягкие круги. Наклонять ось круга на 2...3°. При работе без охлаждающей жидкости перед окончательным переходом охлаждать заготовки
Отклонение от взаимной параллельности шлифуемой и базовой поверхностей	Забоины или грязь на поверхности магнитного стола и на базовой поверхности заготовки. Выпуклость или вогнутость магнитного стола	Периодически перешлифовывать магнитный стол на самом станке, а забоины базовой поверхности зачищать. Магнитную плиту и заготовку тщательно протирать

Продолжение табл. 6.10

Погрешность	Причина возникновения	Способ устранения
	Выпуклость базовой поверхности заготовки	Устранить выпуклость строганием, фрезерованием или шлифованием
Отклонение от плоскостности шлифуемых поверхностей	Отклонение от прямолинейности тонкой заготовки	Заготовку отрихтовать
	Изнашивание направляющих станины прямоугольного стола (выпуклость или вогнутость)	Перешабрить или перешлифовать направляющие
Отклонение от параллельности и плоскостности шлифуемых поверхностей	Изнашивание направляющих горизонтальной шлифовальной бабки	Если направляющие износились, но прямолинейность не нарушилась, то достаточно перешлифовать поверхность стола в соответствии с новым положением направляющих. Если же изношенные направляющие имеют и отклонение от прямолинейности, их надо перешабрить или перешлифовать
	Изнашивание направляющих вертикальной шлифовальной бабки; отклонение от взаимной параллельности осей стола и шлифовальной бабки. Изнашивание подшипников шпинделя	Перешабрить или перешлифовать направляющие. Заменить изношенные подшипники
	Неправильное закрепление заготовки в зажимном приспособлении (перекос) или погрешность базовых поверхностей приспособления	Правильно закрепить заготовку, проверить приспособление
	Применение чрезмерно мягкого круга	Выбрать более твердый круг
	Недостаточный выход круга с заготовки в поперечном направлении	Увеличить выход круга до $^3/_4$ его высоты
	Некачественная правка круга, особенно при врезном шлифовании заготовок более узких, чем высота круга	Чаще править круг, особенно при чистовых переходах
	Слишком интенсивный режим обработки, вызывающий чрезмерный нагрев заготовки	Изменить режим обработки, применить обильное охлаждение
Несоответствие углового расположения поверхности требуемому	Погрешность в установке заготовок и приспособлений	Следить за правильной установкой заготовок и приспособлений
	Неправильный выбор характеристики шлифовального круга	Сменить круг на более мягкий с бо́льшим номером структуры
	Недостаточное охлаждение	Увеличить подачу СОЖ; сменить СОЖ

chipmaker.ru

Продолжение табл. 6.10

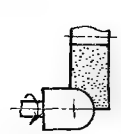
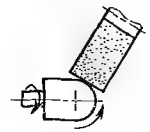
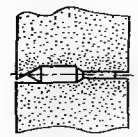
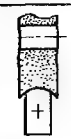
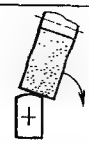
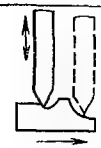
Погрешность	Причина возникновения	Способ устранения
Несоответствие углового расположения поверхности требуемому	Слишком большая площадь контакта круга и заготовки	Уменьшить площадь контакта; при торцовом шлифовании сегментным кругом установить сегменты через один; усилить охлаждение
	Чрезмерно интенсивный режим резания (глубина шлифования и др.)	Изменить режим резания

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕХНОЛОГИИ ШЛИФОВАНИЯ

7.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОФИЛЬНОГО ШЛИФОВАНИЯ

Профильным шлифованием обрабатывают заготовки по сложному контуру, который нельзя обработать простым движением круга простой формы. (Кругами простой формы считают круги, у которых рабочая поверхность — цилиндр, конус или плоский торец.) Профильное шлифование выполняют методом копирования или огибания (табл. 7.1).

7.1. Схемы профильного шлифования

Станок	Метод	
	копирования	огибания
Круглошлифовальный		
Бесцентрово-шлифовальный		—
Плоскошлифовальный		
Профилешлифовальный	—	

При обработке **методом копирования** профиль шлифуемой поверхности заготовки полностью совпадает с профилем шлифовального круга, который специально профилируют в процессе правки. Этот метод профильного шлифования наиболее распространен; он используется при обработке на различных типах шлифовального оборудования и обеспечивает высокую производительность. Наибольшая эффективность достигается в случае применения для профилирования круга фасонных правящих алмазных роликов и копирных правящих устройств, расположенных на шлифовальной бабке.

При обработке **методом огибания** профили шлифуемой поверхности заготовки и круга не совпадают, а сложный контур на заготовке представляет собой огибающую различных положений шлифовального круга простой формы. Для профильного шлифования методом огибания применяют специальные станки, при обработке на которых заданный профиль образуется огибанием заготовкой шлифовального круга или, наоборот, кругом заготовки.

Типовым примером применения метода огибания заготовкой круга является шлифование кулачков распределительного вала (рис. 7.1). Заданный профиль кулачка образуется при совмещении вращательного и качательного движений обрабатываемого распределительного вала *1*, который установлен в центрах круглошлифовального станка с качающимся столом. Копиры *3*, расположенные на передней бабке, поочередно вступают в контакт с копирным роликом *4*, и при вращении шпинделя передней бабки осуществляется качательное движение стола по программе, задаваемой профилем копира. Согласование угловых положений кулачков и копиров обеспечивается соответствующей установкой хомутика *2*.

Работа профилешлифовальных станков по методу огибания шлифовальным кругом шлифуемого профиля заготовки основана на принципе копирования чертежа или шаблона. Различают профилешлифовальные станки механические и оптические.

Механический профилешлифовальный станок с пантографом (рис. 7.2, *а*) имеет шаблон *2* и щуп *1*, поступательное перемещение которого передается с уменьшением на шлифовальный круг *4* через пантограф *5* и вспомогательный параллелограмм *6*. Точность перемещения шлифовального круга определяется точностью изготовления шаблона и точностью передаточного отношения панто-

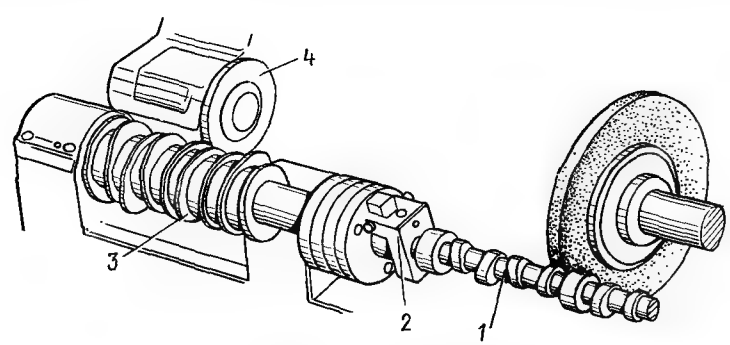


Рис. 7.1. Схема шлифования кулачков распределительного вала

chipmaker.ru

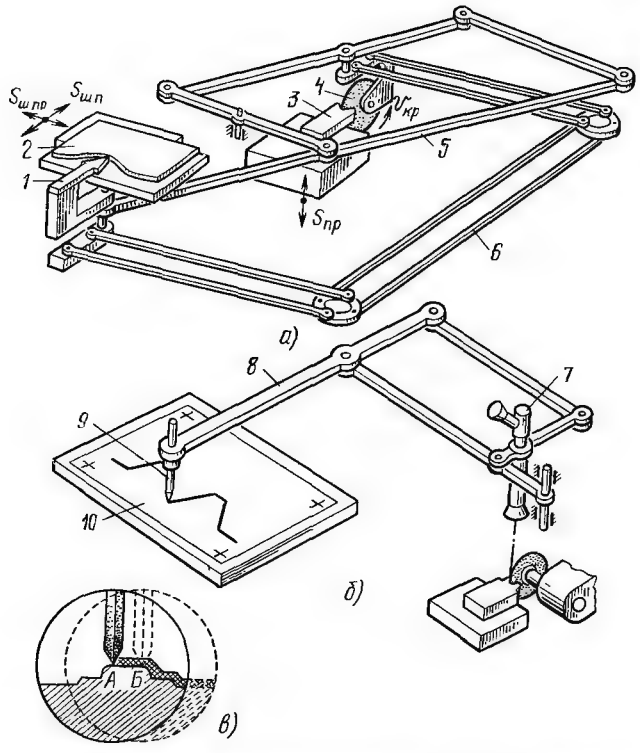


Рис. 7.2. Схемы работы механического (*а*) и оптического (*б*) профилешлифовальных станков с пантографом и изображение в окуляре микроскопа (*в*)

графа. Обрабатываемой заготовке *3* сообщают движение продольной подачи $S_{пр}$. Шаблон совершает настроечные перемещения $S_{ш.п}$ и $S_{ш.пр}$.

Оптический профилешлифовальный станок с пантографом (рис. 7.2, *б*) работает по чертежу *10*, выполненному в увеличенном масштабе 50:1. Игла *9* перемещается пантографом *8* с передаточным отношением 1:50 и фиксируется закрепленным на тяге пантографа микроскопом *7* с 25-кратным увеличением. Перекрестие микроскопа повторяет траекторию иглы, уменьшенную в 50 раз, т. е. соответствующую истинным размерам детали. В окуляре микроскопа (рис. 7.2, *в*) видны его перекрестие, участок поверхности обрабатываемой заготовки и контур шлифовального круга. Перемещение иглы по чертежу из точки *А* в точку *Б* сопровождается перемещением перекрестия. Точку периферии шлифовального круга надо переместить из точки *А* в точку *Б* крестовым суппортом шлифовальной бабки.

Оптическая система профилешлифовального станка с экраном представляет собой проектор, дающий изображение детали и шлифовального круга с 50-кратным увеличением. На экран накладывается чертеж детали, выполненный на кальке в масштабе 50:1. Таким образом, на экране оператор видит поверхности заготовки, шлифовального круга и чертеж в одинаковом масштабе. Пере-

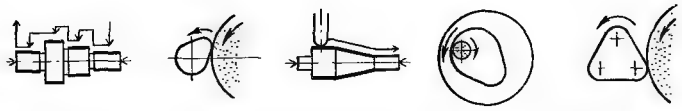


Рис. 7.3. Примеры сложных профилей, получаемых обработкой на круглошлифовальном станке с ЧПУ

мещая шлифовальный круг механизмом крестового суппорта, оператор ведет рабочую точку периферии круга по линии контура чертежа и, снимая припуск с заготовки, добивается совпадения ее профиля с профилем изображенной на чертеже детали.

Оптические профилешлифовальные станки позволяют шлифовать профили сложного очертания как у плоских, так и у круглых заготовок с точностью 0,01...0,02 мм. Особенно целесообразно применять эти станки для обработки сложных профилей заготовок небольшого размера в условиях единичного производства.

На современных универсальных круглошлифовальных станках с ЧПУ можно также осуществлять шлифование сложных профилей (рис. 7.3).

7.2. КАЧЕСТВО ШЛИФОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Качество шлифованной поверхности характеризуется твердостью поверхностного слоя, структурными изменениями, остаточными напряжениями и отсутствием прижогов и трещин. Поверхностные дефекты в значительной мере вызываются высокими температурами в месте контакта шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой. Предварительно закаленные стали при шлифовании претерпевают изменения внутреннего состояния, к которым относятся объемные превращения, вызывающие появление напряжений в поверхностном слое. В нормально закаленной углеродистой стали при отпуске в интервале температур 80... 200° С происходит превращение, связанное с уменьшением объема. Отпуск в интервале 200...260° С вызывает превращение с некоторым увеличением объема, а отпуск в интервале 260...400° С — с его уменьшением. Объемные превращения при шлифовании могут вызвать образование трещин. Чувствительность стали к прижогам и трещинам возрастает с повышением твердости, а также с увеличением содержания легирующих добавок.

Влияние технологических факторов на тепловыделение при шлифовании. Вследствие трения между шлифовальным кругом и заготовкой, а также высокой интенсивности резания при шлифовании выделяется теплота. Температура шлифования зависит от времени воздействия источника теплоты на обрабатываемую поверхность: с увеличением окружной скорости заготовки оно сокращается, а с увеличением подачи на глубину возрастает.

Вследствие низкой теплопроводности шлифовального круга, изготовленного из обычных абразивных материалов, происходит переход большей части теплоты в заготовку. Основное количество теплоты, выделяющейся при шлифовании, распределяется между заготовкой и кругом — соответственно 77...86% и 12...15%; небольшая часть теплоты (2...8%) уносится стружкой. Большое влияние на температуру шлифования оказывает теплопроводность обрабатываемого металла: с ее понижением температура шлифования возрастает. На

chipmaker.ru

температуру шлифования оказывают влияние также характеристика и состояние шлифовального круга: с увеличением твердости последнего и при работе засаленным кругом температура шлифования возрастает. Таким образом, количество выделяемой теплоты зависит от влияния ряда технологических факторов.

Влияние подач и окружной скорости заготовки. С увеличением интенсивности удельного съема $Q_{уд}$ металла температура шлифования возрастает. Однако отдельные виды подач неодинаково влияют на температуру шлифования, которая возрастает сильнее с увеличением подачи на глубину и в меньшей степени — с увеличением окружной скорости заготовки и продольной подачи. Повышение окружной скорости заготовки приводит к уменьшению остаточных растягивающих напряжений.

Влияние абразивного материала. При обработке кругами, изготовленными из абразивного материала марок 20...30А, выделяется меньшее количество теплоты по сравнению с выделяемым в случае использования кругов из абразивного материала марок 10...20А. Минимальное тепловыделение обеспечивается применением кругов из абразивного материала марок 50...60 С.

Влияние зернистости круга. Температура шлифования снижается с уменьшением зернистости с № 40 до № 25, что объясняется меньшим радиусом скругления вершин зерен. При дальнейшем уменьшении размеров зерен до № 12 наблюдается увеличение температуры, что объясняется большей склонностью круга к притуплению и засаливанию.

Влияние материала связки. При обработке кругами на бакелитовой и силикатной связках теплообразование в зоне резания менее интенсивно, чем при обработке кругами на керамической связке. Опасность появления прижогов и трещин наиболее вероятна в случае применения кругов на вулканитовой связке.

Влияние пористости круга. С повышением пористости круга уменьшается вероятность появления прижогов на шлифуемой поверхности.

Влияние твердости круга. С повышением твердости круга возрастает температура шлифования вследствие уменьшения количества выпадающих затупившихся зерен и большего засаливания рабочей поверхности круга. В настоящее время применяют круги, имеющие прерывистую поверхность или состоящие из отдельных сегментов с различными физико-механическими свойствами (например, обладающие различной твердостью), при этом существенно снижается температура шлифования.

Термические дефекты, вызываемые шлифованием. 1. Прижоги, которые в зависимости от причины возникновения делят на три группы:

сплошной прижог, являющийся следствием чрезмерно интенсивного режима шлифования, а также завышенной твердости круга и его сильного затупления;

прижоговые пятна, определяемые по цвету побежалости на шлифованной поверхности и являющиеся следствием вибрации круга, биения шпинделя заготовки, неравномерной подачи, неправильной формы круга при изнашивании и неравномерном распределении припуска, засаливания круга, неисправности опор шпинделя;

штриховые прижоги, являющиеся следствием неоднородной структуры круга, неправильной установки заготовки, недостаточной очистки СОЖ.

2. Отпуск с понижением твердости шлифованной поверхности.

3. Трещины на шлифованной поверхности (могут возникнуть не сразу после шлифования, а спустя несколько часов или дней). Трещины могут иметь термическое или шлифовальное происхождение (табл. 7.2).

7.2. Различия между трещинами шлифовального и термического происхождения

Трещины	Характеристика трещин	*Причина* образования	*Возникновение* трещин
Шлифовочные	Тонкие (волосяные) трещины в виде сетки или петлеобразного рисунка, расположенные только на поверхности. Образуются за границами зерен на основе нового образования мартенсита	Повышенный нагрев обрабатываемой поверхности в процессе шлифования с последующим быстрым охлаждением СОЖ	На закаленных сталях
Закалочные	Более крупные прямолинейные межкристаллитные трещины, обычно образующиеся вдоль зон охлаждения	Высокие закалочные напряжения, превышающие прочность обрабатываемого материала	После закалки ТВЧ

Тепловое воздействие на шлифуемую заготовку уменьшают различными путями (табл. 7.3).

7.3. Технологические мероприятия по уменьшению теплового воздействия на шлифуемую заготовку

Путь уменьшения теплового воздействия	Технологическое мероприятие
Уменьшение тепловыделения при шлифовании	Уменьшение окружной скорости шлифовального круга Уменьшение подачи круга на врезание Изменение характеристики круга (уменьшение твердости, увеличение зернистости и номера структуры, применение зерен с более высокой режущей способностью, использование более мягкой связки) Улучшение режущей способности круга путем изменения режимов резания и применения соответствующего инструмента для правки; увеличение продольной подачи правящего инструмента и применение более острых или более мелких алмазов для правки Уменьшение трения между шлифовальным кругом и обрабатываемой поверхностью за счет применения более вязкой СОЖ (например, масла), введения твердой смазки в поры круга Смывание стружки с режущей поверхности круга
Улучшение отвода выделяемой при шлифовании теплоты от обрабатываемой поверхности	Усиление охлаждающего действия СОЖ путем ее принудительного охлаждения, увеличения количества подводимой СОЖ, усиления напора и более эффективного направления струи СОЖ в зоне шлифования

chipmaker.ru

Продолжение табл. 7.3

Путь уменьшения теплового воздействия	Технологическое мероприятие
Улучшение отвода выделяемой при шлифовании теплоты от обрабатываемой поверхности	Приближение охлаждающей струи СОЖ к обрабатываемой поверхности путем ограждения зоны резания от воздушной струи (нагнетаемой шлифовальным кругом), которая отбрасывает поток охлаждающей жидкости от зоны резания
Уменьшение теплоты, накапливаемой на обрабатываемой поверхности (в зоне резания)	Уменьшение времени теплового контакта круга с заготовкой (в зоне шлифования) за счет увеличения частоты вращения последней
	Уменьшение поверхности контакта шлифовального круга с заготовкой путем поворота оси круга по отношению к оси шлифуемой заготовки
	Применение прерывистого шлифования за счет осевого осциллирования круга или использования кругов с разобщенными участками режущей поверхности

7.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

Для обнаружения прижогов и зон отпущенного металла, называемых мягкими пятнами, применяют контроль с помощью травления. Так как структура троостита более чувствительна к действию кислот, чем другие структурные составляющие, то травление позволяет отличать троостит и обнаруживать мягкие пятна. Последние, возникшие вследствие неправильной термообработки, можно после травления отличить от прижогов, вызванных несоблюдением надлежащего режима шлифования, так как в первом случае темные пятна, характеризующие троостит, частично переходят в светло-серые пятна мартенсита, при прижогах же темные пятна имеют более резкие граничные контрасты. При травлении деталей из хромоуглеродистых сталей применяют как водные, так и спиртовые или ацетоновые растворы азотной кислоты. Последние могут быть заменены растворами этиленгликоля.

На процесс травления оказывает влияние состояние поверхности детали: чем она чище и ровнее, тем отчетливее видны на ней дефекты. Для контроля чисто полированных деталей требуется очень слабая протравка, грубо шлифованные поверхности контролируют с помощью более длительного травления, применяя концентрированные травящие растворы.

В процессе контроля, осуществляемого невооруженным глазом при местном освещении, на сером фоне травленой поверхности выявляются нижеследующие дефекты.

1. Прижоги (шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичного отпуска и вторичной закалки).

Шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичного отпуска представляют собой участки повышенной травимости более темные, чем основной фон травленой поверхности детали. Повышенная травимость обусловлена различной степенью отпуска мартенсита на этих участках в процессе шлифования.

Шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичной закалки представляют собой более светлые, чем основной фон травленой поверхности детали, участки

пониженной травимости, ограниченные темной оторочкой. Пониженная травимость является следствием образования зоны неотпущенного мартенсита (или мартенсита и аустенита трения). Темная оторочка — переходная зона высокоотпущенного мартенсита.

2. Мягкие закалочные, или мягкие троститовые, пятна представляют собой более темные, чем основной фон травленой поверхности, пятна с размытыми границами. Повышенная травимость обусловлена наличием в структуре троостита закалки.

3. Обезуглероженные участки представляют собой более светлые, чем основной фон травленой поверхности, пятна с размытыми границами, не имеющие темной оторочки, характерной для пятен вторичной закалки.

4. Остаточные напряжения обнаруживаются при непосредственном измерении деформаций разрезанных колец или прогиба пластинки по мере удаления поверхностных слоев металла, которое осуществляют путем электромеханического полирования. По своему характеру остаточные напряжения могут быть напряжениями растяжения или сжатия.

Для выявления трещин применяют физические методы контроля, при которых намагниченную деталь приводят в соприкосновение с частичками крокуса, находящимися во взвешенном состоянии в жидкости. Контроль осуществляют на приборе типа 77ПМД-ЭМ. Имеющиеся трещины прерывают магнитные силовые линии, возникающие в магнитном поле. Мелкие частицы крокуса, находящиеся в растворе, перекрывают эти трещины, соединяя два полюса магнитного поля, в результате чего трещины на детали обнаруживаются невооруженным глазом.

7.4. ШЕРОХОВАТОСТЬ И ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Шероховатость поверхности в соответствии с ГОСТ 2789—73 характеризуется: средним арифметическим отклонением Ra профиля — средним арифметическим абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины l; высотой Rz неровностей профиля по десяти точкам — средним расстоянием между пятью высшими и пятью низшими точками измеряемого профиля в пределах базовой длины l. (Базовая длина l — длина базовой линии, в пределах которой производится оценка шероховатости.)

В зависимости от высоты неровностей (класса шероховатости) применяют шкалу Ra (6...12-й классы) или шкалу Rz (1...5-й и 13...14-й классы).

В отличие от шероховатости волнистость характеризуется неровностями, имеющими значительно больший шаг. По высоте неровностей шероховатость и волнистость близки между собой. Границу между шероховатостью, волнистостью и отклонениями формы можно установить по отношению шага l неровностей к их высоте R: при $l/R<50$ неровности относят к шероховатости, при $1000\geqslant l/R\geqslant 50$ — к волнистости, при $l/R>1000$ — к отклонениям формы.

Технологические факторы, влияющие на шероховатость поверхности. 1. Подача. С ее увеличением высота неровностей возрастает.

2. Окружная скорость круга. С ее увеличением возрастает количество абразивных зерен, участвующих в процессе шлифования в единицу времени. Это приводит к уменьшению глубины врезания отдельных зерен, что обеспечивает снижение высоты неровностей.

chipmaker.ru

3. Время выхаживания. При выхаживании упругая система возвращается в исходное положение, в ней уменьшается натяг, а вместе с ним — и глубина внедрения абразивных зерен в обрабатываемую поверхность, что обеспечивает снижение параметра шероховатости на два-три разряда. Время выхаживания возрастает с увеличением поверхности обработки и соотношения натягов системы в начале и конце выхаживания, а также с уменьшением жесткости системы и режущей способности круга. Снижение натяга (и, как следствие, шероховатости) происходит интенсивно в начале выхаживания, а затем замедляется, поэтому время выхаживания обычно ограничивают.

4. Зернистость круга. С уменьшением размеров абразивных зерен шероховатость поверхности уменьшается.

5. Режим правки круга. С уменьшением продольной подачи алмазного правящего инструмента на один оборот круга снижается высота неровностей поверхности. Применяя очень малую подачу алмазного инструмента при правке круга зернистостью 40...25, можно получить шероховатость $Ra=$ $=0{,}16...0{,}04$ мкм. Однако следует учитывать, что с уменьшением подачи на оборот круга снижается режущая способность последнего.

6. Твердость круга. С увеличением твердости круга высота неровностей (в известном диапазоне твердостей) снижается. Значительная и неравномерная твердость круга может быть источником вибраций и увеличения шероховатости обработанной поверхности.

7. Материал связки круга. При обработке кругами на вулканитовой и бакелитовой связках с повышением упругих свойств этих кругов шероховатость уменьшается, особенно при использовании специальных кругов на бакелитовой связке с графитовым наполнителем (это в известной степени зависит от смазывающего действия графита).

8. Время работы круга после правки. С увеличением этого времени шероховатость увеличивается, что объясняется ухудшением микрорельефа образующей круга из-за неоднородности его изнашивания, а также возрастанием амплитуды колебаний при притуплении круга.

7.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Для обеспечения этих требований необходимо регулярно следить за состоянием шлифовального оборудования. На станках должны быть предусмотрены следующие устройства: для удаления абразивной пыли и отходов шлифования из зоны обработки; для защиты рабочего от абразивной, металлической и неметаллической пыли, а также шлама, образующихся в процессе правки, шлифования и заточки.

Приспособления, применяемые для установки инструмента, должны обеспечивать его соосность со шпинделем станка. Зазор между отверстием круга и посадочным местом должен находиться в пределах допусков на диаметр посадочного отверстия (ГОСТ 2424—83, 21963—82) и посадок (ГОСТ 2270—78). Конструкция и материалы приспособления для установки инструмента должны обеспечивать надежность его крепления.

При шлифовании заготовок, нежестко закрепленных на станке, должны применяться передвижные подручники, которые можно устанавливать и закреплять в требуемом положении. При наличии на станке двух подручников каждый из них должен иметь независимое перемещение. Перестановка подручников во время работы не допускается. Подручники должны иметь достаточную площадку для обеспечения устойчивого положения обрабатываемой заготовки. Их следует устанавливать так, чтобы верхняя точка соприкосновения заготовки со шлифовальным кругом находилась выше горизонтальной плоскости, проходящей через центр круга, но не более чем на 10 мм. Зазор между краем подручника и рабочей поверхностью шлифовального круга должен быть меньше половины толщины шлифуемой заготовки, но не более 3 мм. Края подручников со стороны шлифовального круга не должны иметь выбоин, сколов и других дефектов.

Станки с электромагнитными плитами необходимо снабжать блокирующими устройствами, выключающими движение стола и вращение шлифовального круга при прекращении подачи электроэнергии на плиту.

При замене электродвигателя шлифовального станка или изменении передаточного отношения привода в паспорте станка следует сделать соответствующую запись.

Инструмент и элементы его крепления необходимо ограждать защитными кожухами, прочно закрепленными на станке. Места вырезов в кожухах под правящие или другие устройства следует усилять. Толщина усиления должна быть равна толщине стенки кожуха, а ширина — превышать удвоенную толщину стенки.

Для кожухов, не имеющих предохранительных козырьков, угол раскрытия над горизонтальной плоскостью, проходящей через ось шпинделя станка, не должен превышать 30°. Если этот угол составляет 30°, следует устанавливать передвижные металлические предохранительные козырьки, позволяющие уменьшить зазор между козырьком и кругом при износе последнего. Конструкция козырьков должна обеспечивать их перемещение и надежное закрепление в различных положениях. Ширина передвижного предохранительного козырька должна перекрывать расстояние между двумя торцовыми стенками защитного кожуха, а толщина — быть не менее толщины цилиндрической части последнего. Перемещать козырьки разрешается только после остановки круга. Зазоры между кругом и верхней кромкой раскрытия подвижного кожуха, а также между кругом и предохранительным козырьком не должны превышать 6 мм. Зазор между боковой стенкой защитного кожуха и фланцами для крепления круга наибольшей высоты, применяемого на данном станке, должен составлять 5...10 мм. При работе съемную крышку защитного кожуха надежно закрепляют.

Круги типов ПР, ПН, К, ЧК, ЧЦ (ГОСТ 2424 –83) и сегментные круги для шлифования торцом должны быть ограждены защитными кожухами. Допускается, чтобы выступающая из кожуха часть инструмента составляла до 50% его высоты, но не более 25 мм – для кругов типа ПР, ПН, К, ЧЦ, ЧК и не более 40 мм – для сегментных кругов. На зубошлифовальных и других станках, где по характеру работы круг должен выступать из кожуха более чем на 25 мм, должно быть предусмотрено дополнительное ограждение рабочей зоны.

Шлифовальные и заточные станки с горизонтальной осью вращения кожуха, при работе на которых шлифуемая заготовка удерживается руками, необходимо оборудовать защитным экраном со смотровыми окнами. Откидывание экрана

chipmaker.ru

должно быть сблокировано с пуском шпинделя станка. По отношению к кругу экран следует располагать симметрично; его ширина должна превышать высоту круга не менее чем на 150 мм. Необходимо обеспечить возможность регулирования угла наклона защитного экрана в пределах 20° без нарушения блокировки. Для смотровых окон следует применять прозрачные небьющиеся материалы толщиной не менее 3 мм.

Шлифовальное оборудование необходимо устанавливать на прочных фундаментах или основаниях; оно должно быть тщательно выверено и закреплено. Все электрооборудование, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть ограждены. В пусковых приспособлениях электродвигателей все токопроводящие части следует закрывать. Щитки и рубильники должны быть установлены в глухих металлических кожухах, запирающихся на замок, и иметь надписи о применяемом напряжении.

Оборудование, при работе которого выделяется пыль (например, сухое шлифование, заточка), нужно устанавливать в отдельном помещении, изолированном от других помещений перегородками и обеспеченном общей приточной вентиляцией, а также пылеотсасывающими устройствами от каждого места выделения пыли.

Любая наладка станка с применением ручного труда (смена круга, проверка исправности узлов станка и др.) должна выполняться при выключенном рубильнике во избежание самовключения электродвигателя, что может привести к травме и особенно опасно при включенном автоматическом цикле. Любые неисправности электроаппаратуры должны устраняться только электромонтером. Перед началом наладки станка следует проверить исправность его соединения с заземляющей шиной. Систематически в моменты остановки оборудования нужно смазывать все его части.

Перед установкой на станок инструмент должен быть испытан на контрольной испытательной скорости и отбалансирован. Абразивный, эльборовый и алмазный инструмент, предназначенный для работы с СОЖ, использовать без ее применения не допускается. Применяемая СОЖ не должна снижать механическую прочность круга и оказывать вредное воздействие на работающего (на использование каждой СОЖ должно быть получено разрешение Минздрава СССР).

Перед началом работы кругу следует сообщить вращение вхолостую с рабочей скоростью. Продолжительность вращения зависит от диаметра круга: до 150 мм — 1 мин; свыше 150 до 300 мм — 2 мин; свыше 300 мм — 3 мин. Эльборовые круги независимо от диаметра нужно вращать в течение 2 мин.

При закреплении кругов не допускается применение насадок на гаечные ключи, ударного инструмента. Каждый шлифовальный круг должен иметь маркировку с указанием его диаметра и допустимой окружной скорости. Запрещается устанавливать шлифовальный круг на станок, шпиндель которого сообщает кругу вращательное движение с окружной скоростью, превышающей допустимую. Не допускается эксплуатация шлифовальных кругов с внешними повреждениями. Нельзя выполнять шлифование торцом круга, не предназначенного для этих работ.

По мере уменьшения диаметра круга вследствие изнашивания последнего допускается увеличение его частоты вращения до уровня, соответствующего допустимой для него рабочей окружной скорости.

Нельзя тормозить вращающийся круг с помощью каких-либо предметов. На станках с ручной подачей заготовок запрещается использовать рычаг для увеличения усилия их нажима на шлифовальный круг.

Температура окружающей среды при абразивной обработке с применением СОЖ не должна быть ниже точки замерзания последней. При работе станка необходимо следить за тем, чтобы СОЖ непрерывно омывала всю рабочую поверхность круга; при остановке последнего подачу СОЖ следует прекращать.

Требования безопасности перед началом работы:

надеть и привести в порядок рабочую одежду; заправить ее так, чтобы она не могла быть захвачена движущимися частями станка; застегнуть обшлага рукавов, убрать волосы под плотно облегающий головной убор; подготовить исправные средства индивидуальной защиты (очки, щитки, респираторы и др.);

осмотреть и привести в порядок рабочее место;

убедиться в нормальной работе вентиляции, достаточном освещении рабочего места;

проверить, смазан ли станок;

убедиться в отсутствии биения круга; при наличии биения устранить его;

проверить, легко ли перемещаются пиноль, шлифовальная и задняя бабки;

проверить, имеется ли прокладка между зажимными фланцами и кругом, не ослаблены ли гайки, зажимающие фланцы;

проверить работоспособность магнитного сепаратора;

проверить наличие требуемого количества СОЖ в баках и системах подачи СОЖ;

проверить надежность закрепления упоров, ограничивающих продольный ход стола (при ненадежном закреплении упор может сместиться, ход стола не переключится и круг врежется в переднюю или заднюю бабку);

пройти инструктаж при получении незнакомой работы.

Требования безопасности во время работы:

быть внимательным, не отвлекаться самому и не отвлекать других;

не допускать на свое рабочее место лиц, не имеющих отношения к работе;

на рабочем месте поддерживать чистоту и порядок;

не загромождать проходов, как общих, так и у рабочего места;

готовые детали укладывать на предназначенное место (нельзя использовать для этого стол станка);

во избежание возникновения пожара не курить, не зажигать спички у станка;

соблюдать правила личной гигиены; на рабочем месте не принимать пищу, не мыть руки в масле, эмульсии и т. д.;

соблюдать правило, запрещающее на ходу станка обтирать, чистить и смазывать его, устанавливать заготовки и снимать готовые детали, переводить руками ремень, открывать кожухи, измерять детали;

во время работы стоять не против, а несколько сбоку от вращающегося шлифовального круга во избежание ранений в случае его разрыва;

соблюдать режимы работы и не перегружать станок;

выключать станок при отлучках;

вести обработку так, чтобы круг срабатывался равномерно по всей ширине рабочей поверхности;

править круг при его затуплении или засаливании;

chipmaker.ru

при плоском шлифовании крепить заготовку специальными прижимными планками, размещая их на равных расстояниях; высота планок должна быть меньше высоты заготовки;

при обнаружении неисправностей в работе станка немедленно сообщить об этом администрации;

о случае пожара или загорания немедленно сообщить в пожарную охрану и приступить к тушению имеющимися средствами;

при несчастном случае прекратить работу, поставить в известность администрацию и обратиться в медицинский пункт.

Требования безопасности по окончании работы:

выключить двигатели станка и дождаться полной остановки обрабатываемой заготовки и инструмента;

произвести уборку станка (очистить его от абразивной пыли и др.); привести в порядок рабочее место и выключить местное освещение;

при необходимости слить загрязненную СОЖ, очистить бак и залить новую СОЖ;

очистить магнитный сепаратор от стружки;

вымыть лицо и руки теплой водой с мылом;

доложить администрации о замеченных неисправностях в работе станка и о принятых мерах по их ликвидации.

7.6. ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ

Применение смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) позволяет снизить теплонапряженность контакта в зоне резания. СОЖ уменьшают трение между шлифовальным кругом и заготовкой, удаляют отходы шлифования из зоны резания, улучшают условия протекания процесса шлифования.

В качестве СОЖ используют масла и водные растворы (эмульсии, синтетические и полусинтетические СОЖ). К синтетическим и полусинтетическим СОЖ относятся растворы Акволов (1, 5, 10М, 11, 12, 14, 15) и Карбамола С-1. В качестве эмульсий используют следующие растворы: ВНИИНП-117Т; РЖ-СОЖ-8; ИХП-45Э; Укринол-2, -6; Карбамол Э-1; Синтал-2; ФМИ-3. К масляным относятся СОЖ марок МР-2, МР-2У, МР-3, МР-4, МР-7, МР-10, Укринол-14, ШП, ОСМ-1, ОСМ-3, ОСМ-4, ЛЗ-СОЖ ПИО.

В табл. 7.4 даны общие рекомендации по применению СОЖ.

7.4. Рекомендации по применению СОЖ

Материал обрабатываемой заготовки, характер операции шлифования	Рекомендуемая СОЖ
Легированные стали (скоростное шлифование)	Аквол-5, -6; Карбамол С-1
Инструментальные и жаропрочные стали (обдирочное шлифование)	МР-10; Укринол-14; ЛЗ-СОЖ ПИО
Коррозионно-стойкие стали (ленточное шлифование)	МР-3; МР-4; ШП
Подшипниковые стали	ИХП-45Э; Укринол-1, -1М; Карбамол Э-1; Синтал-2
Коррозионно-стойкие стали	Карбамол С-1; Аквол-1, -5, -6; МР-4; МР-2У; ОСМ-1

Продолжение табл. 7.4

Материал обрабатываемой заготовки, характер операции шлифования	Рекомендуемая СОЖ
Титановые сплавы	РЖ-СОЖ-8; Аквол-2, -6
Магнитные сплавы	Аквол-1, -2, -4; ФМИ-3
Чугуны	Аквол-10М, -12, -2; ВНИИНП-117Т
Магниевые сплавы	МР-2; МР-2У; МР-7; ОСМ-3
Керамика и полупроводниковые материалы	Аквол-1, -10М, -11, -14
Алюминиевые сплавы	Аквол-11, -12; Карбамол Э-1
Медные сплавы	Аквол-14
Труднообрабатываемые стали (шлифование алмазными кругами)	Аквол-5; Карбамол С-1
Безвольфрамовые твердые сплавы (шлифование алмазными кругами)	Аквол-5, -10М, -14
Быстрорежущие стали (шлифование эльборовыми кругами)	Аквол-1, -14; ВНИИНП-117Т
Цинковые сплавы (ленточное шлифование)	ОСМ-4

В тех случаях, когда применение СОЖ недопустимо или нецелесообразно, применяют обдув воздухом, воздушно-жидкостные туманы, фреоновые и аэрозольные средства «Аэрографит». Однако целесообразность использования последних в настоящее время поставлена под сомнение в связи с предположениями ученых об отрицательном воздействии фреоновых средств на озонные слои атмосферы.

Существенное влияние на процесс шлифования оказывает не только состав СОЖ, но и способ ее подачи. Основным наиболее распространенным способом подачи СОЖ в зону резания является подача ее свободно падающей или напорной струей. Применяют и другие способы — через поры шлифовального круга, струйно-напорный внезонный, ультразвуковой, контактный, гидроаэродинамический и др. Подача СОЖ через поры шлифовального круга могла бы быть наиболее предпочтительной, если бы не необходимость ее очень тщательной и тонкой очистки, с тем чтобы мельчайшие частицы не забивали пор круга.

При вращении шлифовального круга на его периферии образуется тонкая пленка воздуха, которая перемещается вместе с кругом со скоростью, практически равной окружной скорости круга. Плотность этой тонкой воздушной пленки может быть настолько высокой, что «пробить» ее струей жидкости оказывается невозможным. В результате возникают прижоги и другие отрицательные явления. В этом случае необходимо применять специальные методы по отводу воздушной пленки или прокачиванию СОЖ через зону резания.

При круглом и плоском шлифовании расход СОЖ составляет 8...10 м/мин, при бесцентровом — 3...6 м/мин на каждые 10 мм поверхности контакта круга с заготовкой, при шлифовании торцом круга — 10...15 м/мин.

Грубую очистку СОЖ от металлических фракций осуществляют в магнитных сепараторах, тонкую — в установках с использованием фильтровальной бумаги, а также в гидроциклонах. При прецизионном шлифовании необходимо охлаждать СОЖ, подаваемую в зону обработки, с целью устранения нагрева обрабатывае-

chipmaker.ru

мой заготовки и предотвращения температурных ошибок при измерении деталей. В этом случае станки снабжают холодильными агрегатами для стабилизации температуры СОЖ.

7.7. ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (ЧПУ) СТАНКАМИ

ЧПУ — управление станком по программе, заданной кодом, который передается по специальным каналам связи. Управляющая программа осуществляет последовательное выполнение операции по обработке конкретной заготовки. Она записана на специальном носителе — магнитном диске, перфоленте и др. Программоноситель перемещается относительно считывающего устройства с помощью лентопротяжных механизмов. При считывании заданная информация преобразуется в электрические импульсы, поступающие в блок управления, где осуществляются расшифровка команд и переработка их в рабочие команды. Последние поступают в усилитель, где с помощью постороннего источника усиливаются и передаются на исполнительные механизмы станка — пускатели, реле и др.

В свою очередь, датчики, установленные на станке, сигнализируют в блок управления о ходе технологического процесса и наличии каких-либо отрицательных сигналов, с учетом которых выполняется автоматическая коррекция. Таким образом, осуществляется обратная связь с замкнутой системой управления, обеспечивающей высокую точность обработки. При отсутствии датчиков и обратной связи система называется разомкнутой. Она является более простой, но и менее точной.

В качестве программоносителей широко применяют восьмидорожечные перфоленты шириной 25,4 мм. В соответствии с международной системой стандартизации ISO код для этих перфолент обозначается ISO — 7bit, где цифра 7 означает наличие семи разрядов, а bit — это одна единица информации.

Для кодирования перфолент используют двоичный и двоично-десятичный коды. При двоичном кодировании все числа записывают цифрами 1 и 0. Пробитое отверстие означает цифру 1, а его отсутствие — цифру 0.

Считывание кода, записанного на перфоленте, осуществляется, например, путем замыкания контактов щеток, находящихся по обе стороны перфорированной ленты. Это замыкание происходит в момент прохождения щеток мимо отверстия. Однако этот и аналогичные ему другие контактные методы приводят к износу перфолент. Поэтому наиболее предпочтительны бесконтактные устройства, например с использованием фотореле или пневматики.

Станки, оснащенные устройством цифровой индикации (УЦИ), обозначают индексом Ф1. УЦИ позволяют предварительно набрать координаты и в процессе работы визуально наблюдать на световом табло за текущим контролируемым размером. Эти устройства используют для автоматизации универсальных станков. Станки, оснащенные позиционными системами ЧПУ, обозначают индексом Ф2. Если в станке с ЧПУ перемещение рабочего органа осуществляется по двум или трем координатам, то такой станок обозначают индексом Ф3, как оснащенный контурной системой. В последнее время появились станки с автоматической сменой инструмента. Такие станки с контурной или позиционной системами ЧПУ обозначают индексом Ф4.

В том случае, когда пути перемещения рабочих органов задают путем наладки упоров и программируют цикл станка, режим обработки и смену инструмента, станки обозначают не буквой Ф, а буквой Ц, что означает цикловое программное управление.

На круглошлифовальном полуавтомате с ЧПУ мод. 3М151Ф2 можно последовательно обрабатывать одним кругом до восьми ступеней заготовки. При обработке обеспечиваются точность размеров по 6-му квалитету и шероховатость поверхности $Ra = 0{,}32$ мкм. Два измерительных устройства и две корректирующие системы позволяют контролировать размеры круга и заготовки путем измерения последней. Износ круга определяется косвенно — по результатам измерений заготовки. Измерения выполняются с помощью широкодиапазонного прибора активного контроля. Чтобы заготовка была правильно установлена в осевом направлении, осуществляется контроль базового торца с помощью прибора осевой ориентации, который позволяет скорректировать положение стола. Точность установки заготовки в осевом направлении в горизонтальной плоскости составляет 0,001 мм, а в вертикальной — 0,1 мм.

Программа управления станком — замкнутая, позиционная. Станок работает следующим образом: после установки заготовки в центрах нажимают кнопку «Автомат»: шлифовальная бабка отводится назад, а стол автоматически индексируется с помощью прибора осевой локации; осуществляется измерение заготовки измерительной скобой; на ускоренной подаче (1800 мм/мин) шлифовальная бабка подводится к заготовке; когда датчик положения бабки войдет в зацепление со следящим упором, скорость подвода уменьшается до 900 мм/мин; заготовки приводятся во вращение и начинается подача СОЖ; по команде реле или датчика положения бабки при припуске на заготовку меньшем 0,2 мм скорость перемещения бабки изменяется с форсированной на обдирочную; после завершения черновой подачи и переключения последней на чистовую осуществляется непрерывное измерение заготовки скобой, команды которой определяют завершение процесса — длительной чистовой и доводочной подач; после обработки одной ступени стол перемещается и шлифуется следующая ступень.

На станках с адаптивной системой управления (АСУ) автоматически поддерживаются заданные параметры. Так, например, на внутришлифовальном станке мод. 3А227В с АСУ на основании информации об упругих отжатиях шлифовального шпинделя обеспечивается стабилизация сил резания путем поддержания постоянной деформации шпинделя. В результате уменьшаются силы резания, увеличивается точность обработки, снижается шероховатость.

Необходимость удешевления электронно-вычислительных машин привела к созданию новых типов станков с ЧПУ — с системой CNC. Такие станки оснащены мини-ЭВМ с микропроцессором. Программы легко корректируются и вводятся в ЭВМ. На дисплей выводится вся требуемая информация. Станки с системами CNC могут объединяться в автоматические участки, которые комплексно управляются системами DNC. При выходе ЭВМ из строя станок продолжает работать от перфоленты, подготовленной заранее.

7.8. ЭКОНОМИЯ ИНСТРУМЕНТА

Снабжение предприятий абразивным и алмазным инструментом производится на основе расчетов технически обоснованных норм их расхода. Эти расчеты выполняются технологическими и инструментальными службами.

7.5. Укрупненные рекомендации по выбору шлифовального круга на керамической связке

Вид и метод шлифования	Требуемая шероховатость поверхности, мкм	Рекомендуемая характеристика круга для различных обрабатываемых материалов				
		Конструкционные, углеродистые и легированные стали твердостью $HRC_э$			Нержавеющие, жаропрочные и инструментальные стали, сплавы	Чугуны и бронзы
		до 30	30...50	свыше 50		
Круглое наружное:						
с радиальной подачей	*Rz* 20	93А(14А) 50 С2 6...7 К	93А(14А) 50 С1 6...7 К	43А(91А; 33А; 24А) 50 СМ2 6...7 К	43А(91А; 33А) 50 СМ2 7 К	53С 40...50 СМ1 К
	Ra 2,5	93А(14А) 40...50 СТ1 6 К	93А(14А) 40...50 СМ2 6 К	43А(91А; 33А; 24А) 40...50 СМ2 6 К	43А(91А; 22А) 40...50 СМ2 6 К	53С 32...40 СМ1 К; 53С(14А) 32...40 СМ2 К
	Ra 1,25	91А(24А; 93А; 14А) 40 СТ1 5...6 К	91А(23А; 93А; 14А) 40 С1 5...6 К	91А(24А; 33А) 40 С1 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 С1 5...6 К	—
	Ra 0,63	91А(24А) 16...25 СТ1 5 К	91А (24А) 16...25 С2 5 К	24А(91А; 33А) 16...25 С1 5 К	43А(91А; 33А) 16...25 С2 5 К	53С(15А) 16...25 СМ2 К
с продольной подачей	*Rz* 20	93А(14А) 50 С2 6...7 К	93А(14А) 50 СМ2 6...7 К	43А(91А; 24А; 33А) 50 СМ1 6 К	43А(91А; 33А) 50 СМ1 6...7 К	53С 40...50 СМ1 К
	Ra 2,5	93А(14А) 40...50 С2 6 К	93А(14А) 40...50 С1 6 К	43А(91А; 33А; 24А) 40...50 СМ2 6 К	43А(91А; 33А) 40...50 СМ1 6 К	53С 32...40 СМ1 К
	Ra 1,25	91А(23А; 93А; 14А) 40 СТ1 5...6 К	91А(23А; 93А; 14А) 40 СМ2 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 СМ2 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 СМ2 5...6 К	53С(14А) 32...40 СМ2 К
	Rz 0,63	91А(24А) 16...25 СТ1 5 К	91А(24А) 16...25 С2 5 К	91А (33А; 24А) 16...25 С1 5 К	43А(91А; 33А) 16...25 СМ2 5 К	53С(15А) 16...25 СМ2 К
Бесцентровое:						
с радиальной подачей	*Rz* 20	93А(14А) 50 СТ1 6...7 К	93А(14А) 50 С2 7 К	43А(91А; 33А) 50 С1 6...7 К	43А(91А; 33А) 50 С1 6...7 К	63С 32...40 СМ2 К
	Ra 2,5	93А(14А) 40...50 СТ1 6 К	93А(14А) 40...50 С2 6 К	43А(91А; 33А) 40...50 С1 6 К	43А(91А; 33А) 40...50 С1 6 К	63С 32...40 СМ2 К
	Ra 1,25	93А(14А; 91А; 23А) 40 СТ1 5...6 К	91А(33А; 24А) 40 С2 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 С2 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 С2 5...6 К	63С 25 СМ2 К
	Ra 0,63	91А(24А) 16...25 СТ2 5 К	91А(24А) 16...25 СТ1 5 К	91А(33А; 24А) 16...25 С2 5 К	43А(91А; 33А) 16...25 С2 6 К	63С 16 СМ3 К
с продольной подачей	*Rz* 20	93А(14А) 50 С2 6...7 К	93А(14А) 50 С1 6...7 К	43А(91А; 33А) 50 СМ2 6...7 К	43А(91А; 33А) 50 СМ2 6...7 К	63С 32...40 СМ1 К
	Ra 2,5	93А(14А) 40...50 СТ1 6 К	93А(14А) 40...50 СМ2 6 К	43А(91А; 33А) 40...50 СМ2 6 К	43А(91А; 33А) 40...50 СМ2 6 К	63С 32...40 СМ1 К
	Ra 1,25	91А(23А; 93А; 14А) 40 СТ1 6 К	91А(23А; 93А; 14А) 40 С2 5...6 К	91А(24А; 33А) 40 С1 5...6 К	43А(91А; 33А) 40 С1 5...6 К	53С 25 СМ1 К
	Ra 0,63	91А(24А) 16...25 СТ2 5 К	91А(24А) 16...25 С1 5 К	91А(33А; 24А) 16...25 С2 5 К	43А(91А; 33А) 16...25 С1 5 К	63С 16 М3 К
Плоское:						
наружной поверхностью круга	*Rz* 20	93А(14А) 50 СМ2 6...7 К	93А(14А) 50 СМ1 6...7 К	93А(14А) 50 М3 6...7 К	91А(43А; 33А) 50 М3 6...7 А	63С 40...50 СМ1 К
	Ra 2,5	93А(14А) 40 СМ2 6...7 К	93А(14А) 40 СМ1 6...7 К	93А(14А) 40 М3 6...7 К	43А(91А; 33А) 40 М2 6...7 К	63С 32...40 СМ2 К
	Ra 1,25	93А(14А) 25 СМ1 6...7 К	91А(24А; 93А; 14А) 25 СМ2 6...7 К	93А(14А) 25 СМ1 6...7 К	43А(91А; 33А) 25 СМ1 6...7 К	63С 25 М3 К
	Ra 0,63	93А(14А) 16 С1 6...7 К	91А(24А; 93А; 14А) 16 СМ2 6...7 К	93А(14А) 16 СМ1 6...7 К	43А(91А; 33А) 16 СМ1 6...7 К	63С 16...25 М3 К
торцовой поверхностью круга	*Rz* 20	93А(14А) 50 М3 6...7 К	93А(14А) 50 М3 6...7 К	Применяются преимущественно круги на бакелитовой связке		
	Ra 2,5	93А(14А) 40 М3 6...7 К	93А(14А) 40 М3 6...7 К	»		
	Ra 1,25	91А(24А; 93А; 14А) 25 М2 6...7 К	91А(24А; 93А; 14А) 25 М2 6...7 К	»		
	Ra 0,63	91А(24А; » 23А; 14А) 25 М2 6...7 К	91А(24А; 93А; 14А) 16...25 М2 6...7 К	»		
Внутреннее	*Rz* 20	91А(24А) 50 С1 6...7 К	91А(24А) 50 СМ2 6...7 К	91А(24А) 50 СМ2 6...7 К	43А(91А; 33А) 50 СМ1 6...7 К	53С 50 СМ1 К
	Ra 2,5	91А(24А) 40 С2 6 К	91А(24А) 40 С1 6...7 К	91А(24А) 40 СМ2 6...7 К	43А(91А; 33А) 40 СМ2 6 К	53С 40 СМ2 К
	Ra 1,25	91А(24А) 25 С2 6...7 К	91А(24А) 25 С2 5...6 К	91А(24А) 25 С1 5...6 К	43А(91А; 33А) 25 С1 5...6 К	53С(15А; 93А) 25 СМ2 К
	Ra 0,63	91А(24А) 16 С2 5 К	91А(24А) 16 С2 6 К	91А(24А) 16 С2 6 К	43А(91А; 33А) 16 С1 6 К	53С(15А; 93А) 16 С1 К

chipmaker.ru

chipmaker.ru

Расчет потребиости в абразивиом инструменте осуществляется на основе «Инструкции о порядке разработки норм расхода абразивного инструмента на предприятиях машиностроения и металлообработки И2.036.213—85». Для усредненных условий обработки (обрабатываемый материал — сталь 45, квалитет — 7, тип круга — ПП, характеристика круга — 14А 25 С1 К5, окружная скорость круга — 35 м/с, класс точности инструмента — Б, СОЖ — эмульсия) при круглом иаружном, бесцентровом и плоском шлифовании иитенсивиость съема материала составляет 1,5 см^3/мин, при внутреннем шлифовании — 0,7 см^3/мин.

С помощью поправочных коэффициентов осуществляется переход к фактическим условиям шлифования. Коэффициенты учитывают: нелинейность зависимости расхода абразивиого инструмента от фактической интенсивности съема материала; вид правящего инструмеита; тип, зернистость и твердость круга; марку абразивного материала; класс инструмента; окружную скорость круга; вид СОЖ; характеристику обрабатываемого материала; квалитет.

В расчет входят следующие даниые: объем снимаемого материала, см^3; плотиость последиего, г/см^3; количество обрабатываемых изделий, шт.; нормативный расход абразивного инструмента, необходимый для съема 1000 кг матернала, шт.

С целью наиболее экономичного и рационального использования инструментов в Инструкции даны укрупненные рекомендации по выбору шлифовального круга на керамической связке (табл. 7.5). Если работу выполняют при скорости круга 50 м/с, твердость последнего должна быть уменьшена на одну-две степени; при шлифовании поверхности с галтелями ее надо иа столько же увеличить. В случае использования сегментного круга его твердость следует увеличить на одну степень. Кромкостойкость кругов повышают, применяя 7...8-ю структуру.

Особый режим экономии необходим при эксплуатации правящего инструмента из натуральных алмазов. В НПО «ВНИИАлмаз» разработаны «Нормативы расхода алмазных правяших карандашей», регламентирующие также общие правила их эксплуатации, которые определяются требованиями к техническому состоянию стаика и правящего устройства, а также к шлифовальному кругу и условиям охлаждения зоны правки. Техническое состояиие стаика и устройства для правки оказывает существенное влияние на стойкость алмазиого правящего инструмента — недостаточно надежное закрепление правящего инструмента или иедостаточная жесткость узлов правящего устройства может привести к раскалыванию алмазных зерен. В процессе правки алмазный карандаш не должен подвергаться ударам и вибрациям.

Неисправности правящих устройств (неравномерность продольной подачи, наличие зазоров в направляющих и др.) приводят к интенсивному изиосу карандаша и ухудшению качества правки круга, а следовательно, и качества обработки заготовки. Необходимо следить за размером зазоров в подвижиых частях правяших устройств, равномерностью перемещения кареток иа холостом и рабочем ходах, соответствующим креплением карандаша. В зависимости от степени загрязненности устройства должны очищаться от абразивного шлама.

Учитывая, что алмазы не выдерживают высоких температур, особенно важно следить за тем, чтобы работа карандаша происходила при обильиом охлаждении СОЖ, подача которой в зону правки должна быть обеспечена до начала соприкосновения карандаша с кругом и составлять 15...20 л/мин. Необходимо, чтобы струя СОЖ омывала всю поверхность коитакта карандаша с кругом.

В исключительных случаях, связанных с особенностями станка и техиологического процесса, допускается правка без применения СОЖ. При этом зону правки следует охлаждать сжатым воздухом и делать перерывы с целью охлаждения алмазов на воздухе.

Шлифовальный круг подбирают не только в соответствии с техиологическими требованиями, но и с учетом стойкости алмазного правящего инструмента. Чтобы снизить ударные нагрузки на хрупкие алмазные зерна правящего инструмента, круг нужно хорошо отбалансировать.

С целью более прочного удерживания алмазиых зерен в связке инструмента алмазное сырье предварительно металлизируют, что позволяет повысить износостойкость инструмента на 20...30%. Не допускается примеиение алмазиого правящего инструмейта для изменения или исправления геометрической формы новых шлифовальных кругов, а также для правки кругов зернистостью 50 и выше.

При правке алмазным инструментом толщина снимаемого абразивного слоя не должна превышать значений, указанных в табл. 7.6.

7.6. Толщина абразивного слоя, сиимаемого при правке алмазным инструмеитом

Вид шлифования	Толщина абразивного слоя, мм, сиимаемого при правке кругом зернистостью		Вид правки
	40	25 и ниже	
Круглое наружное, бесцентровое (рабочие круги), плоское, шлифование профиля, шлицев и шлицевых протяжек, профиля зубьев червячно-модульных и червячно-шлицевых фрез, коленчатых валов	0,13	0,1	Ручная
Внутреннее шлифование и шлифование профиля зубьев долбяков и шеверов	0,07	0,05	
Круглое наружное, бесцентровое (рабочие круги), плоское, внутреннее, профильное шлифование, специальные виды шлифования	0,03	0,03	Автоматическая
Шлифование резьбы однониточным кругом при шаге резьбы: мм: 1 и менее		0,05	
1,25...1,5		0,1	
1,75 и более		0,14	
Плоское шлифование между двумя кругами и бесцентровое шлифование подшипниковых роликов		0,1	

chipmaker.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ

Chipmaker.ru

Сравнительная характеристика абразивного инструмента, выпускаемого в США и СССР

Страна	Зернистость			
	грубая	средняя	тонкая	очень тонкая
США	8; 10; 12; 14; 16; 20; 24	30; 36; 46; 54; 60	70; 80; 90; 100; 120; 150; 180	220; 240; 280; 320; 400; 500; 600

Страна	Зернистость		
	Шлифзерно	Шлифпорошки	Микрошлифпорошки и тонкие микрошлифпорошки
СССР	200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16	12; 10; 8; 6; 5; 4	М63; М50; М40; М28; М20; М14; М10; М7; М5

Страна	Связка				
	керамическая	бакелитовая	вулканитовая	магнезиальная	силикатная
США	V	B	R	O	S
СССР	К	Б	В	М	С

Страна	Твердость						
	Мягкий		Средней твердости		Твердый		
США	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K		L, M, N, O, P, Q, R		S, T, U, V, W, X, Y, Z		
СССР	Мягкий	Среднемягкий	Средний	Среднетвердый	Твердый	Весьма твердый	Чрезвычайно твердый
	М1...М3	СМ1, СМ2	С1, С2	СТ1...СТ3	Т1, Т2	ВТ1, ВТ2	ЧТ1, ЧТ2

Продолжение приложения

Страна	Структура		
	плотная	средняя	открытая
США	1; 2; 3; 4; 5	6; 7; 8; 9; 10	11; 12; 13; 14; 15; 16
СССР	0; 1; 2; 3	4; 5; 6	7; 8; 9; 10; 11; 12

chipmaker.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Абразивные материалы и инструмент 4
   1.1. Абразивные материалы и их основные свойства 4
   1.2. Основные виды абразивного инструмента 18
   1.3. Контроль и испытание абразивного инструмента 28
   1.4. Крепление абразивного инструмента 32
   1.5. Алмазный и эльборовый абразивный инструмент 36
   1.6. Правка шлифовальных кругов 46
   1.7. Подготовка абразивного инструмента к установке на станок 60

2. Шлифовальные станки 64
   2.1. Классификация станков 64
   2.2. Технологические характеристики шлифовальных станков 64

3. Обработка на круглошлифовальных станках 75
   3.1. Методы шлифования 75
   3.2. Рабочий цикл шлифования 80
   3.3. Основные операции круглого шлифования 82
   3.4. Правка и профилирование шлифовальных кругов 84
   3.5. Установка и крепление обрабатываемой заготовки 87
   3.6. Измерение обрабатываемой поверхности при шлифовании 96
   3.7. Интенсификация процесса шлифования 100
   3.8. Наладка круглошлифовальных станков 102

4. Бесцентровое круглое наружное шлифование 107
   4.1. Технологические особенности 107
   4.2. Бесцентровое шлифование напроход 110
   4.3. Бесцентровое врезное шлифование 118
   4.4. Механизация загрузки заготовок и разгрузки готовых деталей 124
   4.5. Подготовка станка к работе 127

5. Обработка на внутришлифовальных станках 138
   5.1. Технологические особенности и группы станков 138
   5.2. Особенности шлифования отверстий 139
   5.3. Установка и крепление обрабатываемой заготовки 142
   5.4. Контроль детали при шлифовании 146

6. Обработка на плоскошлифовальных станках 152
   6.1. Технологические особенности 152
   6.2. Правка и профилирование шлифовального круга 155
   6.3. Установка и крепление обрабатываемой заготовки 157
   6.4. Измерение заготовки в процессе шлифования 169
   6.5. Шлифование на двусторонних станках 171

7. Общие сведения о технологии шлифования 184
   7.1. Технологические особенности профильного шлифования 184
   7.2. Качество шлифованиой поверхности 187
   7.3. Контроль качества поверхности 190
   7.4. Шероховатость и волнистость поверхности 191
   7.5. Требования безопасности при работе на шлифовальных станках 192
   7.6. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей 196
   7.7. Числовое программное управление (ЧПУ) станками 198
   7.8. Экономия инструмента 199

Приложение 204

Chipmaker.ru

chipmaker.ru

Chipmaker.ru

Учебное издание

Наерман Моисей Соломонович
Наерман Яков Моисеевич
Исаков Алексей Эдуардович

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ШЛИФОВЩИКА

Редактор Р. К. Сапожникова. Мл. редактор О. В. Каткова. Художественный редактор В. А. Щербаков. Технический редактор Е. И. Герасимова. Корректор В. В. Кожуткина

ИБ № 8932

Изд. № М—432. Сдано в набор 31.07.90. Подп. в печать 11.04.91. Формат 60×90 1/16. Бум. офс. № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 13,0 усл. печ. л. 13,25 усл. кр.-отт. 14,34 уч.-изд. л. Тираж 50 000 экз. Зак. № 1085. Цена 2 р. 30 к.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» Государственного комитета СССР по печати. 113054, Москва, Валовая, 28